GUNTER PAULI

# L'ÉCONOMIE BLEUE 3.0



200 projets menés
3 millions d'emplois créés
5 milliards d'euros investis



# L'Économie bleue 3.0

## Du même auteur

*Crusader for the Future: A Portrait of Aurelio Peccei, Founder of the Club of Rome*, Oxford, Pergamon Press, 1987.
*Steering Business Toward Sustainability*, en collaboration avec Fritjof Capra, Tokyo, United Nations University Press, 1995.
*Breakthroughs: What Business can Offer Society*, Buderim, Greenleaf Press, 1997.
*Upsizing: The Road to Zero Emissions*, Munich, Riemann Verlag, 1999.
*Out of the Box: 21 Ways to be Creative and Innovative at Work*, Zen and the Art of Blue, 2001 ; Commonwealth Press, 2004.
*The Blue Economy,* Taos, Paradigm Publications, 2010 ; *The Blue Economy Version 2.0*, New Delhi, Academic Foundation, 2015 ; *The Blue Economy Version 3.0*, Bloomington (Indiana), Xlibris, 2017.

## Chez le même éditeur

*Soyons aussi intelligents que la Nature !*, 2018.
*Li-Fi. La communication à la vitesse de la lumière*, 2018.

pauli@zeri.org
@MyBlueEconomy

Gunter Pauli

# L'Économie bleue 3.0

Nouvelle édition



ISBN : 979-10-329-0612-5
Dépôt légal : 2019, mai

170 *bis*, boulevard du Montparnasse, 75014 Paris

## *Sommaire*

Avant-propos ........................................ 7

1. Passer d'une espèce aux écosystèmes .......... 17
2. La puissance du pragmatisme ..................... 30
3. Inspirante Nature ....................................... 45
4. La physique d'abord .................................. 62
5. Pourquoi les multinationales n'y arriveront pas ........................................ 79
6. Les MBA (masters en brillantes adaptations) de la Nature ........................................ 103
7. L'éthique au centre de tout ........................ 122
8. Le shiitake au café, la recette d'un développement durable réussi ............. 129
9. Exceptionnelle soie ..................................... 149
10. On a souvent besoin d'un plus petit que soi (ou d'un carrément plus grand) .................. 165
11. Un arc-en-ciel de possibilités ...................... 201

12. Atteindre enfin l'abondance ........................ 221
13. Corriger les erreurs du passé ........................ 249
14. Construire avec et pour les flux .................. 274
15. Atteindre l'inaccessible................................ 318
16. Sortir de l'impasse ...................................... 363
17. S'engager pour le meilleur ........................... 371
18. Principes directeurs de l'économie bleue...... 384

Remerciements .................................................... 475

# *Avant-propos*

## Biographie

Mes deux fils aînés sont nés au début des années 1990. Comme tous les parents, nous nous sommes vite demandé si nous allions leur laisser le monde dans un meilleur état que nous ne l'avions reçu. Vingt-cinq ans plus tard, maintenant que Carl-Olaf et Laurenz-Frederik sont devenus de brillants adultes, qui prennent soin de leurs trois petits frères et de leur sœur plus âgée, ce qu'il nous reste collectivement à accomplir pour relever le défi écologique me semble aussi périlleux que les douze travaux d'Hercule.

Nous entretenons tous un rapport complexe et personnel à l'écologie. Ma prise de conscience écologique remonte aux années 1980 lorsque j'ai découvert l'œuvre de Lester Brown et de son équipe de l'Institut Worldwatch. Le bombardement de statistiques alarmantes et les analyses tendancielles négatives en cascade ne donnaient pas beaucoup de lueurs d'espoir. On peut dire que des constats de ce genre continuent de s'amonceler chaque année. Il m'est vite apparu évident qu'on ne peut pas, en avançant dans la vie, se satisfaire de la posture du citoyen inquiet du futur, désolé pour les erreurs commises. Chacun le ressent, il y a une obligation à

réagir et à trouver des moyens pour créer une base sur laquelle les générations à venir pourront s'appuyer. Nous devons donner à nos enfants la liberté de penser, et plus encore d'agir. Et d'agir différemment de nous.

Depuis cette époque, je me suis activé autant que je le pouvais. L'un de mes moyens d'action fut d'animer le Club de Rome : une organisation ayant pour mission de publier des études et de rendre compréhensible l'état du monde à une communauté bien spécifique et particulièrement sceptique : les élites économiques d'Europe. Le Club de Rome était un rassemblement informel d'hommes et de femmes politiques, d'universitaires, de chefs d'entreprise et de fonctionnaires internationaux. J'ai fais partie de ce Club pendant presque quarante ans. Pour cela, je ne peux que mesurer la nécessité impérieuse de faire retentir encore et toujours le signal d'alarme. Le rapport *Halte à la croissance ?*[1] que le Club avait commandé à des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) explicitait clairement le cercle vicieux de l'explosion démographique, de la dégradation de l'environnement, de la croissance industrielle sans fin et de l'effondrement de l'éthique dans lequel nous nous trouvions. Malgré tout, je persiste à penser qu'à toute tendance négative il y a une réponse positive. Les mauvaises nouvelles ne concernent pas que la santé de notre planète, mais également nos équilibres économiques. Tout cela semble catastrophique. Pourtant, je reste persuadé que dans tout risque de péril existe aussi une opportunité.

Plus jeune et plein de bonne volonté, j'ai voulu que mon premier emploi entre en adéquation avec mon

1. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens III, *Halte à la croissance ?*, Fayard, 1972.

profil de citoyen responsable et inquiet du sort de la planète. C'est ainsi qu'après plusieurs initiatives entrepreneuriales dans la production des banques de données, l'édition, ou encore l'import-export avec le Japon, j'entra au sein de la société Ecover, un fabricant européen de produits de nettoyage biodégradables. Les géants du secteur se sont rapidement mis à adopter notre composant biodégradable de base (les acides gras de l'huile de palme). Le succès commercial fut instantané. Hélas, cela a conduit de nombreux exploitants, notamment en Indonésie, à remplacer de vastes étendues de forêt par des exploitations de palmiers. La destruction de la forêt tropicale a entraîné celle du milieu naturel des orangs-outans. Biodégradabilité et « recyclable » ne voulaient pas nécessairement dire développement durable. Ce fut une leçon pénible et douloureuse qui m'a marqué pour le reste de ma vie.

Dans le premier article que je pus faire publier dans une revue économique – ce fut en Corée du Sud, en 1991 –, j'exhortais les industriels à s'inspirer des écosystèmes dont le point de départ est zéro déchet et zéro émission. J'étais déjà persuadé que la sagesse intrinsèque d'un écosystème tient aux avantages qu'il procure, tels qu'un air pur et de l'eau fraîche, le réensemencement du sol, l'autocontrôle des bactéries, et tous ces bienfaits remarquables. Plus fortement encore, c'est la recherche permanente d'une voie meilleure qui est précieuse. Dans cet article, j'élaborais l'idée que le développement durable n'est possible que si nous éliminons la production de déchets pour privilégier une intégration totale dans laquelle les énergies et les nutriments se combinent... comme la Nature le fait. C'est cet équilibre « naturel » que nous devions viser. Cette idée, je l'ai développée toute ma vie et, encore

aujourd'hui, je cherche à progresser dans les sciences et les innovations.

À la suite de ma frustrante expérience avec Ecover, je fus approché par le Pr Heitor Gurgulino de Souza, alors recteur de l'université des Nations unies basée à Tokyo. Il me demanda d'imaginer un modèle économique ne produisant ni émissions ni déchets, mais qui permettrait la création d'emplois, la cohésion sociale et ne coûterait pas plus cher ! J'acceptai cette mission qui avait tout de la périlleuse gageure. Nous sommes alors trois ans avant l'adoption du protocole de Kyoto d'août 1997. J'ai eu l'opportunité d'imaginer d'un point de vue académique comment nous pourrions égaler les écosystèmes dans leurs traitements des déchets. Pour le dire vite, au sein des écosystèmes, les déchets de l'un sont la nourriture de l'autre. Tel était l'objectif. Après trois années de recherche, la fondation ZERI[1] a été créée en Suisse avec la collaboration du Programme des Nations unies pour le Développement (PNUD). Son seul et unique objectif : la mise en place des projets pionniers démontrant qu'un tel modèle de production et de consommation est techniquement possible et économiquement viable.

Dès 1997, j'ai eu le privilège de multiplier les expériences de terrain qui allaient dans le sens de l'imitation intelligente de la Nature. J'ai pu me demander, en collaboration avec de très nombreux scientifiques, entrepreneurs, analystes financiers, journalistes économiques ou chercheurs à travers le monde, quelles innovations pourraient être regroupées dans un système

---

1. Zero Emissions Research and Initiatives.

qui permettrait à la société de fonctionner comme les écosystèmes, c'est-à-dire en regroupant des innovations développées par divers acteurs et en utilisant de manière plus efficace toutes les forces physiques existantes et infaillibles. Grace aux centaines d'initiatives imaginées, dessinées, démarrées, réalisées et améliorées, nous avons repéré le phénix d'une nouvelle croissance capable de modifier la logique des résultats à court terme à une échelle micro-économique et d'offrir la capacité de répondre aux besoins fondamentaux des personnes sans exiger que la terre produise plus, que les mines exploitent plus, que les effets de serre augmentent plus... et sans que nous soyons obnubilés par les fluctuations du PIB.

## Économie bleue

Ce livre est inspiré par la compréhension de la logique inhérente aux écosystèmes. C'est le cadre de l'« économie bleue » qui veut révéler la chance paradoxalement inouïe que peuvent recéler les difficultés économiques sociales et écologiques actuelles. Peut-être allons-nous mettre fin à ce modèle consumériste irréaliste, injuste et délétère. Exhorter les gens à consommer toujours plus pour relancer la croissance, c'est promouvoir un système facile et à courte vue qui va faire porter le poids de la dette aux générations futures. Il est également clair qu'avec le chômage croissant des jeunes du monde entier, qui multiplient les diplômes et les stages sans que cela crée des opportunités d'agir, l'appel traditionnel à l'austérité qui domine les débats de gestion économique pour redresser les comptes publiques n'offre aucune solution. Cette inconséquente façon de faire siphonne

les liquidités réelles au profit d'une petite élite bancaire qui se réserve le droit de ne financer qu'elle-même, de se rétribuer grâce aux revenus et de dissimuler les risques au grand public. C'est une économie qui emprunte à tous et à tout, à la Nature, à l'humanité, accumulée sur des comptes bancaires dématérialisés, sans penser à rembourser un jour. La crise financière de 2008 a, nous le savons maintenant, tiré son origine de banquiers et de dirigeants concentrés uniquement sur les fusions/acquisitions, les effets de leviers et la création de dettes sur la base de l'hypothèse d'une croissance infinie.

En comparaison, l'« économie verte » exige des entreprises de nouveaux investissements, attend des consommateurs qu'ils paient plus cher pour des produits de qualité équivalente mais développés avec un souci pour le respect de l'environnement. Or, ce qui était déjà une gageure en période de prospérité est devenu, en ces temps de crise, quasiment impossible. L'économie verte, en dépit de ses louables objectifs et de ses efforts, n'a réussi à devenir ni pérenne ni viable. Comment et pourquoi continuer à adhérer à une économie dans laquelle ce qui est mauvais pour la santé et pour l'environnement est bon marché ? Qui a inventé un tel « label » pour l'économie de marché ? Tout ce qui est bon pour vous et pour la Nature est cher.

Si nous changeons de perspective, nous constaterons que l'économie bleue s'attache à des questions de régénération qui vont au-delà de la préservation ou de la conservation. Un demi-siècle de rhétorique louable autour de la conservation ne nous a pas apporté de protection réelle, ni de la Nature, ni de la biodiversité, ni de notre tissu social. L'économie bleue ne recycle pas, ne protège plus. Une nouvelle réalité s'impose : elle régénère. Elle ne se propose pas de faire moins mal.

Elle s'engage à faire du bien, tout particulièrement le bien commun. C'est là son apport capital. Elle consiste à s'assurer qu'un écosystème maintient ses règles évolutives afin que tous puissent bénéficier des flux infinis de la Nature en matière de créativité, d'adaptabilité et d'abondance. Mettre en pratique les concepts de l'économie bleue, c'est aussi faire en sorte que les décisions de millions d'acteurs prennent le pas sur le dirigisme d'une poignée de décideurs, sur les monopoles de quelques multinationales ou sur le conservatisme des États. Les profonds engagements des citoyens, surtout les jeunes qui ne comprennent plus l'inaction presque totale de leurs parents, vont faire changer les « règles du jeu » pour de bon. Le but de ce livre est de contribuer à la mise en place d'une nouvelle logique économique, non seulement à même de répondre aux besoins, mais aussi de transformer la pénurie en abondance. Pour vous en convaincre, cher lecteur et chère lectrice, je vais mobiliser de très nombreux exemples d'expériences humaines réussies partout à travers le monde. Je prendrai aussi pour exemples des « façons de faire » animales et végétales dont nous ferions bien de nous inspirer pour concevoir une nouvelle manière d'appréhender notre monde et de l'habiter.

## Dépasser la modernité

Il est toujours surprenant de constater combien notre société moderne préfère une logique antinaturelle (pour ne pas dire stupide) : pour nous rafraîchir, nous pompons l'air froid vers le haut ; pour purifier l'eau, nous déversons des produits chimiques qui détruisent la vie ; dans les serres, nous réchauffons l'air, pas les racines ;

le prix du kilowatt pour l'énergie fournie par des piles, toxiques et dangereuses, est cent fois plus élevé que l'énergie fournie pas le réseau électrique domestique ; des centaines de tonnes de titane, issues d'un cycle de fabrication cher et polluant, sont jetées quand nous changeons les lames de nos rasoirs jetables ; presque tous les produits plastiques – même la majorité des biodégradables – ne se dégradent pas dans les sols, les mers et les océans ou par le soleil. Dans le meilleur des cas, ils se décomposent dans la terre après des décennies, puis s'accumulent dans les océans. On tue des poissons femelles porteuses de millions d'œufs et on s'inquiète de la surpêche. Nous coupons des millions d'arbres pour contenter notre appétit de lire et écrire, puis nous les recyclons en consommant encore plus d'eau que celle que nous utilisons pour rincer nos toilettes et incinérons la bouillie toxique de produits chimiques issus des encres. L'humanité actuelle consomme trop d'énergie, produit des gaz à effet de serre et massacre l'environnement, nous le savons ; les responsables politiques s'engagent devant les photographes, et ne font rien derrière – absolument rien. Les changements climatiques actuels n'ont rien de surprenant. Notre seule excuse à ce que nous faisons et à la façon dont nous le faisons est que nous sommes ignorants (ou inconscients) des conséquences. Mais savoir, c'est avoir l'obligation de changer et de tout faire pour améliorer et corriger. Il semblerait que ma génération a résolument opté pour le scénario « après moi le deluge », se montrant insensible aux protestations des jeunes à travers le monde.

La proposition de l'économie bleue est aussi inspirée par une autre réalité que celle des pays riches : la dure réalité des milliards de personnes qui ne bénéficient pas de l'économie rouge ou verte. Il y a des millions de

personnes, principalement des femmes et des enfants, qui, pour obtenir la moindre quantité d'eau et de nourriture ou le plus modeste abri, sont réduits aux pires nécessités. Ayant rapidement appris à survivre, pendant des années, avec un seul bol de cacahuètes par jour, ma fille adoptive Chido a rapidement appris à appréhender les vertus d'un écosystème. Elle ne décida pas d'émigrer vers l'Europe, mais de rester dans son pays natif, le Zimbabwe, et d'œuvrer à transformer la société en offrant à des orphelines l'accès à la nourriture et aux soins et de vivre en autosuffisante grâce aux ressources locales.

En Afrique, trop souvent, les milieux naturels ont été ravagés par les pratiques irresponsables de colons qui ont débarqué avec une logique et des traditions de pays tempérés, avec des cycles de saisons marqués, dont les techniques n'ont pas seulement éradiqué la végétation traditionnelle mais aussi érodé le sol, et dénigré les anciennes pratiques. Juger les erreurs du passé et leur cause n'est pourtant pas le combat de Chido. Elle a saisi l'opportunité de se servir des déchets produits par l'exploitation du café pour réinventer une source de nourriture (des champignons qui poussent sur le marc de café, la paille de maïs, et les jacinthes d'eau invasives) et de confort pour elle et ses amies orphelines. Fournissez-leur de la nourriture et un environnement sécurisé, et l'exploitation des jeunes filles et des milieux naturels peuvent être éradiqués. Le rêve de Chido est de parvenir à cela.

Face aux deux réalités vécues par mes fils en Europe et ma fille en Afrique, je me presse de partager cet éventail d'options. Il n'y a personne qui puisse me faire croire que je n'ai pas les pieds sur Terre : je sais que cette autre économie est possible. À nous de la construire.

# 1

# Passer d'une espèce aux écosystèmes

## Physique et sens pratique

L'écologie et le développement durable sont des notions qui ont fait éclore la conscience d'une « pensée verte ». Ces idées à présent très répandues nous ont appris à apprécier et privilégier l'utilisation de matières écologiquement responsables. Cependant, même si nous commençons à mieux comprendre l'importance d'un cycle de production éthique, nous avons encore du mal à le rendre économiquement viable. Toute ma vie, j'ai pensé que si nous parvenions à comprendre le génie de la Nature, son économie et sa simplicité, nous pourrions améliorer les fonctionnalités inhérentes à toute logique environnementale et parvenir à des succès bien supérieurs à ceux que notre monde industriel et globalisé a atteint. Après plus de quarante ans d'engagement écologique, je sais que nos communautés ne sont pas encore sur une voie durable aussi intelligente que la Nature. Une transformation ne se fera qu'avec l'acceptation du cadre duquel tout découle : la géométrie, les mathématiques et les lois de la physique.

La vie s'organise sur des lois physiques immuables. Les relations vitales entre les lois et les théories physiques, d'une part, et les conditions réelles de production, de fabrication, de consommation, d'autre part, ne suscitent pourtant plus beaucoup d'intérêt dans les cours de physique. Et c'est bien dommage car c'est en observant les principes physiques de base que l'on voit comment du temps combiné à la pression, la température ou l'humidité crée des produits complexes et élaborés, bien au-delà de tout ce que les modifications génétiques pourront jamais atteindre.

Disons-le plus simplement. Plutôt que de « manipuler » la vie, il nous faut essayer de trouver notre inspiration dans la manière avec laquelle la Nature utilise la physique. Dès la première nanoseconde de la création, notre univers, notre monde, la façon même dont notre espèce a évolué ont été influencés et façonnés par les forces souveraines de la pression et de la température ! Dans le cadre rigide des forces physiques – la gravitation, l'électromagnétisme, les forces nucléaires –, les différentes espèces terrestres ont connu des interactions et des réactions transformant le processus même de l'évolution en un ensemble d'une incroyable diversité ! *Food for thought*, comme disent nos amis anglophones.

Les scientifiques partent du principe que, depuis des millénaires, la vie sur notre planète a évolué et s'est adaptée dans un système de températures et de pressions de l'eau et de l'air relativement stable. Chaque espèce a donc appris à composer avec ce qui était disponible localement. Gouvernée par les lois déterminantes de la physique et de la proximité d'une abondance réelle mais dans des volumes minuscules, chacune a traversé les millénaires en apprenant à survivre simplement grâce à

ce qu'elle accédait et ce qu'elle faisait le mieux. Cette longévité a de quoi nourrir notre méditation et notre créativité.

Lors de sa naissance, un enfant est confronté à une expérience de pression extrême avant de rejoindre un monde où il va respirer. Les épaules et le torse sont compressés de telle sorte que tous les liquides sont éjectés des poumons. Et c'est en vidant les poumons que le premier souffle peut avoir lieu. Cette pression est une étape indispensable à la « vie » mais aussi un traumatisme formidable. C'est une métaphore intéressante de la beauté de la vie sur Terre. Cette difficulté initiale pour une mère et son enfant concerne toute forme de vie. Ce petit bébé a baigné dans un monde de micro-organismes qui lui ont permis de bâtir un exceptionnel système immunitaire qui l'accompagnera le reste de sa vie. Les humains ne sont pas les seuls. Un observateur patient peut voir à quel point un papillon qui quitte son cocon doit lutter, parfois pendant des heures, avant de déployer ses magnifiques ailes. Les savants ont même constaté que lorsqu'un cocon est incisé afin de faciliter l'émergence du papillon de son enveloppe protectrice, le papillon ne réussit pas à voler et meurt rapidement après cette naissance sans peine. Ainsi, la pression peut être à l'origine de la vie, catalysant les forces complexes des formes et des fonctions, de la formation des muscles aux battements du cœur, de la mise en branle des articulations jusqu'à l'inspiration et l'expiration, le tout avec l'aide de mycoses et de bactéries qui vont déterminer le capital santé et intellectuel.

Il me semble que les crises sont une forme de pression capable de nous donner l'énergie nécessaire à la recherche de nouvelles solutions. Elles devraient aussi

être des occasions de nous rappeler la beauté de la vie et la valeur des déchets.

### Gaspillage et réflexion sur les déchets

Après des millions d'années d'évolution, l'homo sapiens a cherché à prendre le contrôle de l'harmonie naturelle induite par la physique. Nous avons exploité et contrôlé la matière, parfois pour obtenir le meilleur, parfois pour arriver au pire. Or, tous ces succès se sont faits au détriment des capacités terrestres. Cette consommation d'énergie exponentielle nous a aussi apporté des objets non désirés ni nécessaires et a détérioré ou même détruit ce que la Nature avait mis des millénaires à parfaire.

Cette volonté de devenir « comme maître et possesseur de la Nature » est allé de pair avec une obsession pour la propreté. Nous avons commencé à nettoyer et récurer le monde entier. Cette fascination pour la propreté et cette détestation des déchets ont des répercussions graves qui furent trop longtemps impensées.

Nous nous trouvons à la croisée des chemins : pour la première fois de l'histoire humaine, notre survie dépend de notre réflexion quant aux conséquences de nos choix sur l'avenir à une échelle globale car dans cette ère de l'Homme qui est la nôtre, toute la vie sur Terre est en danger à cause de notre ignorance et notre inaction. Allons-nous chercher à vivre en harmonie avec la Terre et en cohabitation avec ses habitants ou allons-nous continuer nos extravagances consuméristes et destructrices ? Allons-nous apprendre à produire et cohabiter pacifiquement ou allons-nous nous auto-détruire, noyés sous nos excès et nos déchets ?

Prenons des exemples épars de déchets horripilants, s'accumulant et qu'on ferait bien de traiter collectivement. Pas comme des rebus mais comme des ressources qu'il s'agirait de mettre à profit. La plupart de nos productions agricoles génèrent un flux de déchets excessif. Les brasseries n'utilisent que l'amidon de l'orge, le reste est jeté. Le riz n'est cultivé que pour ses grains, tout le reste, y compris la paille et la balle des grains, est inutilisé. Du maïs, on ne conserve que les épis pour en faire des aliments, des plastiques ou du carburant. Du café, on ne garde que les grains, le reste pourrissant sur pied, exceptionnellement composté, mais bourré de produits chimiques. Du sucre de canne, on ne conserve que 17 % de la plante, le reste étant brûlé. Pour faire du papier, on utilise seulement la cellulose du bois, le reste (du bois à 70 %) est incinéré.

Nos sociétés industrielles produisent des quantités considérables de déchets : une tonne d'ordures ménagères pour 71 tonnes de produits miniers, manufacturés ou transportés. Considérons également les déchets nucléaires qui nous accompagnent pour toujours, les sols contaminés par des métaux lourds, les nappes phréatiques remplies de chrome et de plomb et les champs recouverts de bouteilles et de sacs en plastique – pour ne pas insister encore une fois sur le fait que les plastiques se conservent dans l'eau salée ! Tous ces rebuts, « fruits » de notre consommation, sont, dans quelques régions du monde, isolés dans des zones de collecte ou déchèteries, puis incinérés lorsque le volume devient trop important et trop dérangeant. Quand on ne sait pas quoi faire d'un déchet, on le brûle et donc on en élimine définitivement le potentiel. Et c'est une idée fausse que de croire que calciner nos déchets génère de l'énergie. C'est vraiment aller à l'encontre de l'ordre

naturel des choses. La Nature, dans sa grande sagesse cyclique, n'agit pas ainsi. Tout est récupéré, reformé, rentabilisé. Comment approcher cette harmonie ? Nous avons essayé d'imposer le recyclage.

Rien que pour les États-Unis, on évalue à 50 milliards de dollars l'argent nécessaire pour transporter les déchets vers les décharges. Si on ajoute les opérations de collecte, de tri, de chargement et de déchargement, on obtient le chiffre fou de 1 000 milliards de dollars. Cela signifie que l'on gaspille chaque année autant d'argent pour la « gestion » des déchets que la somme que les États-Unis ont injectée annuellement dans l'économie depuis 2009 pour surmonter la crise des *subprimes* et relancer la consommation ! Ce montant est bien supérieur à ce que les gouvernements des pays de l'Union européenne ont consacré au sauvetage de leurs banques. C'est pourquoi, même si ces milliers de milliards accroissent le PIB des pays, il n'en demeure pas moins que traiter les déchets n'est pas une activité créatrice de valeur. Les emplois de cette activité ne seront jamais des « emplois verts ». Réserver des terrains aux déchets, c'est neutraliser des terres potentiellement fertiles. On consacre des sommes importantes à confiner de potentielles fuites toxiques, fuites qui se produiront quoi qu'il arrive, et ces sommes ne sont pas supportées par les entreprises responsables, mais par la société dans son ensemble.

Ce modèle économique dominant a alimenté deux siècles de croissance ininterrompue, de consommation et de production de détritus. Nous avons satisfait un appétit insatiable pour la richesse matérielle et accumulé des dettes impossibles à rembourser. Nous avons pris l'habitude de demander et d'obtenir assez facilement des crédits pour nous offrir des produits dont

nous n'avons pas besoin et les États ont accumulés des dettes que les prochaines générations seront incapables de rembourser. Et pourtant, à une autre échelle, certaines demandes importantes en provenance de pays en voie de développement ne furent jamais satisfaites ni entendues. Notre style de vie réclame toujours plus d'énergie, qu'elle soit fossile, nucléaire, minière, photovoltaïque ou éolienne. Nous pouvons et nous devons faire beaucoup mieux.

Si rien ne change dans nos habitudes comme nous explique clairement le scientifique suédois et directeur du Potsdammer Institute, Johan Rockström, dans ses analyses des frontières planétaires, nous aurons besoin d'une autre Terre, non seulement pour maintenir les niveaux de production actuels, mais aussi pour recueillir les déchets que nous ne saurons plus où jeter ! L'économie ne souffre pas uniquement de la désintégration du système financier et de l'« argent virtuel » créé, elle subit aussi les contraintes de l'utilisation de ressources matérielles que nous n'avons pas et des déchets que nous ne savons plus évacuer. Le premier changement à opérer serait peut-être d'arrêter de produire et d'utiliser des produits dont nous n'avons pas vraiment besoin et qui engendrent des déchets dont nous ne pourrons pas nous débarrasser. Ce sont des principes que je tenais à rappeler avant de me lancer dans un développement plus original : celui qui proposera les déchets comme denrées rares et profitables.

## Vive les déchets !

Si une espèce vivante ne crée pas de déchets, c'est qu'elle est éteinte ou en passe de l'être. Le problème

auquel nous devons nous attaquer est celui de la valorisation des déchets que nous générons. Il faut garder à l'esprit que la transformation de déchets en aliments requiert et produit de l'énergie. Nous passons notre temps à chercher de nouvelles sources d'énergie pour nos applications domestiques et commerciales. Un écosystème n'a pas besoin de se connecter à un réseau, n'a pas besoin de batterie et n'a pas besoin non plus de solution de secours. Dans la Nature, le déchet de l'un est toujours l'aliment, l'apport énergétique, ou la source matérielle de l'autre. Tous les éléments appartiennent à une chaîne complexe, dynamique et intégrée. C'est pourquoi la solution à nos problèmes d'environnement et de pollution, mais aussi à nos défis économiques et aux futures pénuries, pourrait se trouver dans la mise en place de modèles tels que nous les observons dans les écosystèmes. Peut-être serons-nous alors capables de faire de notre problème de déchets une solution en changeant de perspective et en supprimant le concept même de déchets ! Seuls les êtres humains sont capables de produire quelque chose que personne ne souhaite. Nous somme si intelligents !

Les avancées de la chimie nous permettent de remplacer les polymères d'origine pétrolière par des polymères provenant de sources aussi variées que l'amidon, les acides aminés, le sucre, la lignine ou la cellulose. Plutôt que remplacer un composant toxique ou polluant par un autre plus propre (c'est l'inspiration de l'écologie verte), nous devrions viser à copier la manière avec laquelle un écosystème utilise tout. Nous mettrions alors en place des systèmes pérennes créateurs d'emplois mais pas de résidus. Cela signifie que chaque produit ainsi manufacturé (un colorant naturel, un matériau de construction ou une fibre hydrophobe)

le serait non seulement en tenant compte de son interaction avec l'environnement mais aussi de son succès économique !

Des solutions incroyables existent, il suffit simplement de prendre le temps de les découvrir et de trouver la volonté collective de les soutenir. Je pense à ces initiatives scientifiques mobilisant des insectes, des araignées ou des algues qui pourraient remplacer les produits OGM, de haute consommation énergétique ou des engrais qui sont aujourd'hui la norme. Ces solutions ne se contenteraient pas de diminuer la quantité de polluants toxiques, elles amélioreraient aussi la qualité de la vie. Les industries traditionnelles, inefficientes et toxiques, cesseraient d'être compétitives. Idéalement, le cycle complet de production, de consommation et de fin de vie deviendrait rentable. C'est cela qui permettra une conversion à l'économie bleue. La première étape consistera à trouver des moyens de convertir les déchets en matières premières pour d'autres usages et à chercher ce qui est disponible facilement et abondamment, à moindre coût, car valorisé par personne.

Sous la direction de Hiroyuki Fujimura, la société japonaise Ebara a entamé dans les années 1990 une stratégie « zéro émission et zéro déchet ». Tout, y compris les détritus, devait générer de la valeur. Ebara a financé les travaux du professeur Yoshihito Shirai du Kyushu Institute of Technology, qui s'intéresse à la fabrication de plastiques selon la logique de l'intégration de l'énergie et des aliments. Shirai et son équipe ont développé un procédé qui, quasiment à température ambiante, utilise un champignon pour convertir en acide polylactique l'amidon provenant des restes des restaurants. Cette méthode permet de fabriquer du plastique avec les déchets de la cuisine ! Bien que ces

matières premières soient agricoles et renouvelables, leur usage ne se fait jamais au détriment de la production d'un aliment de base comme le maïs quand il est utilisé comme biocarburant ou plastique biodégradable. En outre, cela évite que ces déchets se retrouvent à émettre du méthane dans une décharge.

Dans l'industrie, il est possible d'accomplir des avancées similaires dans le domaine des savons et des détergents biodégradables. Les agents tensio-actifs issus du sucre, qui sont déjà utilisés principalement par l'industrie pharmaceutique, sont des alternatives idéales à l'huile de palme. On sait les dégâts écologiques qu'occasionnent la production et l'exploitation de l'huile de palme (la déforestation étant l'une des conséquences les plus importantes et la plus connue). Une autre solution serait d'avoir recours au d-Limonène, un agent nettoyant alcoolique extrait des zestes de fruits citriques. Si l'industrie arrêtait d'utiliser des produits chimiques ou des cires afin de conserver pendant des mois les citrons pour pouvoir les exporter, alors les écorces recueillies lors du pressage pourraient au moins servir de source de pectine, ou à l'alimentation du bétail et, encore mieux, devenir la base de savons véritablement écologiques.

Il y a des options similaires pour l'industrie papetière. La cellulose et la lignine sont traditionnellement traitées par la soude. Ce procédé de séparation chimique du bois « brûle » tout sauf la cellulose, qui est la seule fibre utilisée. Les rejets, que l'on appelle la liqueur noire, sont incinérés. Le professeur Janis Gravitis, du Wood Chemistry Research Institute à Riga, en Lettonie, a étudié des méthodes alternatives de production de papier, avec notamment la création d'une bioraffinerie permettant d'extraire tous les composants d'un

arbre : de la cellulose à l'hémicellulose, de la lignine aux lipides. Une fois que les scientifiques et les ingénieurs auront commencé à concevoir des procédés qui lient les nutriments, de sorte que les déchets de l'un deviennent la matière première de l'autre, alors nous serons plus près d'un système complet dans lequel les déchets n'existent tout simplement pas et où tout crée de la valeur. Je ne me perds pas dans des élucubrations en écrivant cela. Bien plutôt, je vous propose de vous aventurer avec moi dans ce qui se fait de plus audacieux dans les recherches scientifiques actuelles.

Compte tenu de l'existence de ces alternatives exemptes de sous-produits toxiques, il serait temps de motiver les chercheurs et les investisseurs pour qu'ils adoptent des procédés de fabrication responsables. Tant le secteur industriel que le secteur commercial méritent des encouragements quand ils privilégient des techniques qui défendent l'environnement et renforcent le bien-être de tous.

## Abondance à portée de main

Nous nous concentrons souvent sur une seule espèce dont nous admirons l'ingéniosité, alors qu'en réalité ce sont les différents écosystèmes, partout sur la Terre, qui, dans leur complète intégration, rendent possible la survie de chaque espèce, jamais au détriment des autres. Il s'agit là d'un des principes fondamentaux de l'économie bleue, en totale contradiction avec le système actuel, qui s'appuie sur ce que nous n'avons pas, ce que nous n'avons pas encore, que nous devrions (pense-t-on trop souvent) bien finir par trouver. Chaque écosystème a atteint l'autosuffisance. Elle est déjà là.

Ce qui semble au premier abord limité est, quand on y prête attention, abondant et diversifié. C'est la puissance du circulaire. Mieux encore, plus l'abondance est grande, plus l'efficacité (faire plus avec moins) et la diversité (chaque espèce bénéficiant aux autres) sont développées. Les écosystèmes n'évoluent jamais vers des situations de monopoles aux mains d'une minorité. Observer un écosystème, c'est apercevoir les attributs du marché, tels qu'Adam Smith (le fondateur de l'économie moderne) les a définis : des milliers d'acteurs coordonnant leurs actions comme si une main invisible leur indiquait la bonne direction pour une utilisation parfaite des ressources disponibles. Cette main invisible est trop souvent une chimère dans l'économie libérale contemporaine. Dans un écosystème, elle est l'évidence.

Les ingénieurs et les agronomes qui rejettent un système global et intégré comme étant utopique n'ont sans doute pas de bonnes connaissances sur ce qui a déjà été accompli : niveau de production élevé avec une faible utilisation de matières premières par produits, mais complète dans l'écosystème, et très faible consommation énergétique. L'amélioration des conditions sanitaires, la sécurité alimentaire et l'eau potable en abondance viennent en plus, et sans artifices même si selon nos critères il y a pénurie. Utiliser l'alimentation et l'énergie d'une espèce au profit d'une autre, dans un cycle continu et intégré selon les lois de la physique, est applicable dans un contexte industriel. Je sais que c'est possible. Tout nos projets fonctionnent selon ce critère.

Des activités issues de l'économie bleue, capables d'offrir des emplois à tous, sont à notre portée. Même si certains économistes réfutent catégoriquement la notion de plein emploi, nous nous rendons compte que, dans la Nature, chacun contribue au mieux de ses

capacités et que personne n'est considéré comme inutile. Les nouveaux systèmes de production et les modèles d'entreprise devront reposer sur la façon dont la Nature utilise la physique et la biochimie pour construire des systèmes complets fonctionnant harmonieusement, en cascade, en transformant sans effort et en recyclant efficacement sans gaspillage ni perte d'énergie. Au fur et à mesure que nous passons d'une perception linéaire à un modèle cyclique, évolutif et régénératif, nous pouvons aussi façonner nos comportements et nos pratiques pour nous assurer que les besoins fondamentaux de chacun sont satisfaits et que notre planète bleue, avec tous ses habitants, y compris ceux que nos yeux ne voient pas, s'oriente vers un futur meilleur.

# 2
# La puissance du pragmatisme

Le déferlement de mauvaises nouvelles sur l'environnement, la pauvreté, le chômage, les violations des droits de l'Homme, l'inaction et la corruption de décideurs, ajouté à l'attitude passive (*business as usual*) des entreprises, laisse de plus en plus de citoyens soucieux, mais terriblement dépités. Les données dont nous disposons sont claires : d'une part le changement climatique s'accentue, d'autre part il n'y a aucune chance d'offrir des emplois à des centaines de millions de personnes (et particulièrement les nouvelles générations du tiers monde) et celles qui ont du travail ne parviennent pas – même avec deux salaires – à se maintenir dans la classe moyenne. Les réfugiés, déplacés par des conditions de vies inhumaines, des guerres que les puissances occidentales ont incitées (ou initiées), cherchent en vain l'asile et une chance de commencer une nouvelle vie. La seule solution proposée par les économistes en réponse à tous ces problèmes est la croissance soutenue par une consommation plus forte qui sera financée par toujours plus de dettes qui ne seront jamais remboursées.

On consacre énormément de temps à l'analyse de toutes les informations disponibles avec un seul prisme :

une croyance aveugle en la croissance et une conviction que tout bonheur ressort de l'accumulation d'argent sur des comptes bancaires. Tous les autres critères sont disqualifiés. Chaque expert qui n'entre pas dans ce dogme ou est éloigné des inquiétudes économiques libérales aborde cette masse d'informations de son point de vue dérobant au monde les connaissances nécessaires pour créer une vision unifiée et claire, créatrice d'une nouvelle voie efficace. Nous sommes trop souvent confrontés à des soucis de communication, ce qui est un comble pour des sociétés qui s'enorgueillissent de faire circuler les données plus rapidement que jamais. Le manque de connaissances approfondies sur la façon dont fonctionnent les systèmes économiques et sociaux ne laisse aucune place à la sagesse nécessaire pour que les meilleurs esprits et les individus engagés se mobilisent afin de passer de l'analyse des drames à la mise en place d'ensembles pragmatiques et d'initiatives constructives. À mon avis, on consacre trop d'effort à l'étude des problèmes, à la théorisation des solutions et, en fin de compte, aux débats interminables autour de ces options élevant en dogme toute théorie nouvelle. Trop de citoyens savent ce qu'on rejette. Peu de personnes se concentrent sur la démonstration, au motif qu'il est encore possible de faire mieux que le modèle actuel de croissance (sur la base des paramètres de succès retenus de façon théorique). Il faut être plus direct.

## La croyance aveugle dans la croissance

Alors que nous pouvons imaginer de nombreux changements et modèles, il y a un paradigme unique qui détermine la culture du monde de l'entreprise :

l'accent sur le cœur de métier et la croyance absolue que la croissance est infinie. Quoi que nous mettions en place, que ce soient des politiques fiscales, des conventions internationales et des innovations en matière de recyclage, rien ne pourra mener la société à un modèle compétitif sur le plan environnemental et social si nous ne modifions pas notre *business model.* Comment pourrions-nous transformer nos modes de production et de consommation, où le plus polluant est le moins cher, et le plus nutritif hors de portée financière de la grande majorité de la population des pays industrialisés ? Tout est traduit en résultats financiers, en parts de marché, en économies d'échelle et en classements des plus grands, gros et profitables. Le modèle dominant c'est : « vends ce que tu produis » et « croissance et contrôle du marché signifient à la fois le meilleur retour sur investissement pour les actionnaires et de plus gros bonus pour les dirigeants ». En prime, si jamais l'entreprise fait face à un scandale social ou environnemental, c'est la communauté dans son ensemble qui en paiera les conséquences et devra absorber les coûts. Il ne faut donc pas se contenter de faire moins « mal » qu'avant, il faut partir en croisade pour changer et faire « mieux » !

Le *business model* dominant qui a guidé les entreprises partout dans le monde repose sur une logique simple : participer à un marché en essayant d'être la plus compétitive avec un minimum de qualité. Cette partition unique a généré des théories et des mises en pratique dont le seul et unique but est de baisser les coûts marginaux par la standardisation, ce qui a abouti à une concentration incroyable de la production. Cette culture de la réduction des coûts nourrit la logique des fusions/acquisitions dont une des premières

conséquences est presque toujours la suppression de milliers d'emplois. C'est tellement vrai que, lorsqu'une société cotée en bourse annonce une future acquisition et calcule le nombre de postes de travail supprimés, sa valeur boursière est souvent augmentée ! La taille incroyable de ces mégafusions (comme, par exemple, celle de Bayer et Monsanto, pour n'en citer qu'une) force les entreprises à ne se concentrer que sur leur cœur de métier (*core business*) en ne pariant que sur leurs compétences clées (*core competence*). Tout ce qui n'est pas *core* sera sous-traité ou condamné par les fourches caudines de la chaîne logistique. Qu'on ne soit pas dupe, les entreprises passent leur temps à minimiser les coûts et sacrifient la qualité pour pouvoir grossir, comme le groupe de brasseurs AB InBev dont la bière phare aux État-Unis, à base de riz (au lieu d'orge), est produite avec des levures OGM. Et quand il s'agit de proposer des services ou des abonnements, ce n'est que pour rendre dépendants les clients à une technologie, non pour faciliter leurs vies. Et si, pour y arriver, il faut tordre le bras aux législateurs, cela sera fait sans états d'âme. Ces stratégies génèrent plus de profit et sont exécutées pour assurer un *cash-flow* stable chaque année. C'est la logique sous-jacente du libre-échange qui, du fait de l'adoption de ce modèle économique porté par la quête continue de l'abaissement des coûts perçus, a accéléré la mondialisation.

Il est intéressant de noter que les consommateurs sont conditionnés pour acheter trois réfrigérateurs en vingt-cinq ans, le second étant moins cher de 30 % et le troisième de 50 %. Ce qu'ils ignorent, c'est que pendant cette période de vingt-cinq ans le double de la somme consacrée à ces achats a été dépensé pour importer les réfrigérateurs moins chers que celui qu'ils

avaient acheté au « bon vieux fabriquant local » et qui aurait duré... vingt-cinq ans. Cette logique du court terme n'est pas seulement la fin de l'industrie locale, c'est aussi la fin de tous les réparateurs, et ce modèle économique nous amène à une utilisation irréfléchie des ressources, le besoin d'un circuit de destruction des produits « blancs », et éventuellement de recyclage, et, en fin de compte, une perte de ressources pour la communauté (mais pas pour le fabricant). Alors, à quoi cela sert-il d'insister sur le fait que le dernier réfrigérateur consomme moins d'énergie quand le tissu social est détruit et que l'empreinte écologique dépasse toute référence raisonable.

Les stratégies commerciales et marketing ont réussi à aveugler les consommateurs en leur faisant miroiter des prix plus bas et la dernière des soi-disant technologies de pointe, le tout consommant moins d'énergie. Ce qu'elles ont bien caché, c'est qu'au final les fabricants locaux disparaîtront. Le pire, c'est qu'au fur à mesure les fonds financiers qui circulaient localement circulent toujours, mais à l'extérieur, ce qui aggrave encore plus la désindustrialisation, la perte de compétitivité et le chômage. Ce cercle vicieux amoindrit toujours plus le pouvoir d'achat local. Voilà l'économie des régions (et des pays) en voie de sous-développement.

## Changer au plus vite

Il est avant tout impératif de dépasser ce modèle dominant de réduction des coûts pour privilégier la stratégie consistant à créer de la valeur avec tout ce qui est disponible localement. Ce changement fondamental nécessite que les entreprises sortent de leurs carcans pour se

concentrer sur de nouveaux portefeuilles de produits. Accepter cette stratégie, facile à comprendre, est un défi incroyable à relever car elle contredit tout ce que l'on apprend dans les universités et les écoles de commerce. La bonne nouvelle, c'est que ce nouveau modèle économique offre de multiples opportunités pour générer de nouvelles sources de revenus avec des matières premières qui sont à la portée de toutes les entreprises et de tous les entrepreneurs. La surprise, c'est que, quand on réussit à générer plusieurs flux de revenus à partir des ressources disponibles, alors on est moins exposé aux contraintes des prix du marché mondial. Ces nouvelles productions endémiques et ces nouvelles façons de consommer doivent être organisées à l'échelle locale et se connecter en réseau avec les autres régions. Nous ne faisons que rejoindre des intuitions que nous partageons tous, et de plus en plus fortement. Nous ne sommes pas contre la globalisation, nous proposons un meilleur modèle avec des retombés transparentes pour tout le monde, y compris tous les êtres vivants de la Nature.

Combien de fois les agriculteurs ou les petits artisans ont-ils été évincés du marché par d'immenses concurrents étrangers pouvant casser les prix et trouver un partenariat facile avec de grandes chaînes de distribution indifférentes à la protection d'un pouvoir d'achat local ? Quel pourrait être le remède ? La libération du marché du travail est-elle une option ? Il est évident que, si la rémunération des travailleurs est réduite à une fraction de ce qu'elle est aujourd'hui, alors le modèle social européen tel qu'il existe actuellement mettra tous les pays en difficulté. L'appel à la flexibilité du marché du travail est un slogan qui en réalité dissimule l'exigence d'une réduction générale des coûts de main-d'œuvre et de protection sociale pour accroître la compétitivité.

Le classement d'un pays et donc son attractivité sont déterminés à partir de cette logique commerciale fondamentale et du ratio coût/qualité. Dans ce jeu agressif, les dés sont pipés avec 1 % des plus grandes entreprises mondiales qui décident pour les 99 % restantes en ne leur laissant aucune chance. Par conséquent, les consommateurs achètent de plus en plus leurs matériaux, leur nourriture et leur énergie aux quelques « joueurs » mondiaux qui contrôlent le capital et évitent au maximum de payer tout impôt sur leurs bénéfices. L'Europe semble avoir accepté la disparition inévitable de son système social et imagine des solutions fondées sur « encore plus du même ». J'en veux pour preuve le récent accord de libre-échange avec les États-Unis[1], qui prétend créer des conditions de concurrence équitables pour 800 millions de consommateurs tout en imposant de strictes mesures d'austérité. La contraction de l'économie oblige les gens à chercher des produits moins chers, à la qualité moindre... et nous voilà engagés dans un cercle vicieux bien trop familier. N'est-ce par alors normal de voir des gens dans les rues vêtus de gilets jaunes... ?

## D'abord localement

Je ne suis pas un homme qui se contente de concepts, d'idées jetées en l'air pour être débattues entre connaisseurs. Ce nouveau modèle, nous – les mille entrepreneurs du réseau ZERI – l'avons testé dans plus de cent secteurs de l'économie. Non seulement les projets créent

1. Le partenariat transatlantique de commerce et d'investissement (PTCI), également connu sous le nom de traité de libre-échange transatlantique (TAFTA en anglais).

plus de valeur locale, mais ils permettent aussi une plus grande circulation d'argent sur place. Mieux : ils créent des opportunités de croissance à deux chiffres dans des zones à fort chômage ou à fort taux de pauvreté, comme l'ont réalisé les orphelines au Zimbabwe ou les refugiés de la guerre de la drogue en Colombie. Ils concurrencent le modèle mondialisé actuel en matière de retour sur investissements, de flux de trésorerie, de réduction de la pauvreté et de réponse aux besoins fondamentaux. Les gouvernements n'ont plus qu'à mettre en place un système de contrôle pour assurer des règles du jeu équitables.

Nous soulignons continûment la difficulté de poursuivre une stratégie de croissance intelligente et inclusive dans une région ou un pays lorsque l'argent quitte définitivement l'économie. Lorsque les secteurs primaires (agriculture, pêche, etc.) et secondaires (essentiellement l'industrie) ne sont pas en mesure de concurrencer les prix dictés par le marché international souvent manipulé, alors l'activité disparaît de l'économie locale laissant place au chômage de masse et à une contraction économique qui est devenue consubstantielle à la majorité de l'Europe et du Japon (et d'autres régions mondiales, hélas). La seule façon d'inverser cette tendance et cette spirale négative est de faire en sorte que la valeur ajoutée permise par les ressources disponibles localement crée plus de revenus pour irriguer les entreprises locales et ensuite inspirer une nouvelle génération d'entrepreneurs. Cette logique va à l'encontre du dogme prédominant du libre-échange au niveau macro-économique, qui veut que l'on cherche en permanence à baisser les coûts au niveau micro-économique, ce qui exige des fusions d'entreprises pour atteindre une taille globale. Sur la base de notre expérience sur le

terrain, nous constatons pourtant une tendance claire à sortir les communautés du piège de la pauvreté et du chômage.

L'économie traditionnelle favorise un autre travers : réduire considérablement le coût du travail, quitte à pratiquer le dumping social et à confier au gouvernement les coûts de santé, les indemnités de chômage et les pensions de retraite, en augmentant de façon intenable la dette publique. S'ensuivent des périodes dites d'austérité qui maintiennent un fardeau fiscal déjà trop élevé pour une population active en diminution. Ne perdons pas de vue que les multinationales ne paient pas ou peu d'impôts et que, par conséquent, le fardeau incombe uniquement aux citoyens et aux petites entreprises locales. Si nous acceptons que l'augmentation des dépenses publiques et l'élargissement du déficit public au-delà des 3 % du PIB ne sont pas la solution, alors il est urgent de changer les règles du jeu parce que la réponse à ces erreurs, jusqu'à présent, a toujours été l'austérité.

Ainsi, la première règle du jeu à changer est cette quête perpétuelle du moindre coût. Il faut viser une élévation de la création de valeur avec ce qui est localement disponible. La Fondation ZERI a démontré que ce changement n'est pas seulement possible, mais aussi qu'il peut être mis en œuvre rapidement. En embrassant cette logique simple, 5 milliards d'euros de capitaux ont été investis dans plus de deux cents projets qui ont déjà généré trois millions d'emplois. Ce sont la recherche de valeur et le développement d'un territoire, la construction d'un environnement et non la nécessité de réduire les coûts, qui apportent très rapidement au marché local des produits et services supplémentaires. Lequel marché local peut dès lors résister plus facilement et même concurrencer les marchandises

échangées internationalement. Cela place l'économie locale dans une spirale de croissance qui ne nécessite pas la surconsommation de ressources rares.

C'est contre-intuitif, mais facile à expliquer.

## Cascade de bénéfices

La Chine est le premier fournisseur mondial de panneaux photovoltaïques. Le coût par unité a chuté si bas qu'il est maintenant au niveau des énergies fossiles traditionnelles. Cette chute du tarif pratiqué a favorisé l'exportation massive du produit partout dans le monde. Pourtant, il existe une toute autre voie technologique et commerciale, qui me permettra de mieux illustrer ma proposition. Une technologie innovante suédoise permet la combinaison de l'énergie photovoltaïque avec de l'eau chaude et froide générée par des tubes capillaires disposés à l'intérieur d'un panneau « sandwich ». Il s'agit d'un panneau plus épais que la normale, assez résistant pour *être* la toiture au lieu d'être installé sur le toit. Idéalement, la structure de base est fabriquée à partir de plastiques recyclés et résistants à la chaleur comme le polyamide. La cascade des bénéfices se poursuit car cette eau stockée à plus de 75 degrés a, non seulement tué les bactéries, mais aussi stocké de l'énergie, qui peut remplacer des piles. Une usine robotisée fut inaugurée à Venlo, aux Pays-Bas, et les chaînes hôtelières comme Hilton et Radisson Blu l'installent partout.

La combinaison de tous ces avantages se traduit par un coût au kilowattheure qui est une fraction de celui d'origine photovoltaïque standard. L'idée n'est pas de battre les fabricants chinois de panneaux

photovoltaïques, mais d'être plus compétitif en générant plus de valeur. Aussi n'est-il pas surprenant que Solarus ait remporté en 2014 le prix de l'innovation... en Chine !

Prenons un autre exemple qui me tient à cœur. Le café a été au centre de notre travail depuis plus de vingt-cinq ans. Tout concourt à ce que cette commodité mondiale développe un potentiel infiniment supérieur à la valeur d'un expresso. Tant dans les exploitations qu'en ville, les résidus de café peuvent être convertis en terreau pour des champignons. Ce substrat une fois utilisé a un potentiel formidable : les pieds peuvent devenir la nourriture de base du bétail. C'est donc trois fois une source de revenus : café + champignon + fourrage. Le coût des protéines (champignons et fourrage) devient inférieur au coût des aliments importés. Ekofungi, à Belgrade, en Serbie, a lancé la première production en Europe et cultive jusqu'a une tonne de champignons par jour en mélangeant de multiples déchets biologiques. Dirigée par Ivanka Milenkovic, nommé entrepreneur de l'année, cette ferme, véritable *start-up factory*, a déjà formé 500 entrepreneurs.

Mais ce n'est rien si on songe que cela crée des emplois localement (et par conséquent des revenus). Ce programme est souvent décrié comme étant trop modeste, mais si on garde à l'esprit que le volume mondial de déchets de café avoisine les 90 millions de tonnes, il faut considérer que ces derniers peuvent être transformés en dizaines de millions de tonnes de champignons et autant d'aliments pour animaux, produits sur place ! De plus, de nouvelles technologies ont émergé pour utiliser le marc de café dans le contrôle des odeurs en en mélangeant 3 % aux fils textiles, ou comme protection solaire car le café résiste aux rayons

ultra-violets. Si on pouvait avoir le même revenu à la tonne avec le marc de café qu'avec le soja pour l'alimentation du bétail, ce triple flux de revenus ajouterait 15 milliards d'euros à l'économie du café, des sommes qui alimenteraient bien vite les économies locales. Soit dit en passant, la même chose peut être réalisée avec le thé.

Atteindre l'objectif deux du développement durable établi par les Nations unies : éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable est à la portée de tous à condition qu'on décide de le faire.

## Qu'il est difficile de changer !

Les grosses entreprises ont de réelles difficultés à comprendre ce modèle économique, incapables qu'elles sont d'expliquer aux analystes financiers leur passage du *core business* au flux de revenus multiples si loin des pratiques classiques. Ceci est parfaitement illustré par la réaction de Nestlé face à la possibilité de récolter des champignons à partir des déchets de ses usines de café instantané. Au lieu de cela, la plus grande société transformatrice de café au monde, avec des déchets estimés à un million de tonnes annuelles[1], a décidé de transformer ses résidus de café en énergie, réduisant leur potentiel à ceux d'une énergie fossile. Pour Nestlé, la production d'énergie à partir de déchets figure en bonne place dans ses rapports d'éco-responsabilité dont le but est de souligner les performances du groupe en matière de réduction d'émissions de carbone. Ce cas

1. Chiffres estimés mais non confirmés par Nestlé.

est célébré par la promotion commerciale habituelle et répété dans les forums internationaux comme une initiative exemplaire d'économie verte. Un grand pas en avant, vraiment ? Les déchets, dont la destruction serait très coûteuse, génèrent maintenant de l'électricité. Et contribuent au résultat financier net de l'entreprise. C'est vraiment un exemple parfait du modèle économique dominant où l'entreprise démontre son engagement social et environnemental en s'intégrant plus ou moins habilement dans l'« économie circulaire ». Mais serait-il possible de convertir cette stratégie du « faire moins mal » en celle du « faire mieux » ?

Imaginons que Nestlé change de stratégie et passe de la « réduction des coûts » à la « création de valeur ». Les bénéfices financiers, écologiques et sociaux obtenus en brûlant des tonnes de résidus de café seraient insignifiants au regard de la valeur potentielle que l'on pourrait créer en produisant à moindre coûts de délicieux champignons (et de la nourriture pour le bétail au lieu d'importer du soja OGM brésilien). On n'a pas besoin de sortir de Polytechnique pour mesurer l'impact économique des champignons qui pourraient pousser sur les déchets produits par Nestlé. En interne, l'opposition a été d'abord que les champignons ne font pas partie des domaines d'activités de Nestlé. Pire, au moment où l'entreprise cherche à augmenter sa productivité salariale, aucun chef de production n'envisage d'ajouter des milliers d'employés. Un simple calcul montre qu'à mille tonnes de marc de café correspondent 150 à 200 emplois en plus, soit 200 000 pour la totalité des déchets de cafés. Puis nous avons entendu « que les champignons ne font pas partie de l'alimentation quotidienne de la majorité de la population ». Notre réponse a été que ni les hamburgers ni

les flocons de maïs n'ont jamais fait partie de l'apport alimentaire quotidien non plus. Mais le plus grand obstacle à cette logique a été que Nestlé a déterminé que son *core business* n'était pas dans le champignon ni dans l'industrie de l'alimentation animale. Par conséquent, Nestlé a refusé cette opportunité d'ajouter quelques milliards de dollars de chiffre d'affaires. Je me demande si nous n'aurions pas dû demander leur avis aux actionnaires...

On constate que les entreprises ne sont pas disposées à adopter ce nouveau modèle économique de croissance inclusive et que les millions de diplômés qui quittent les milliers d'écoles de commerce dans le monde restent imprégnés de la même logique selon laquelle il faut rationaliser la concurrence en réduisant les coûts et augmenter la productivité salariale pour améliorer la trésorerie. Cela impose une rigoureuse application de la chaîne logistique avec un strict respect des objectifs financiers budgétisés, la réduction du nombre de fournisseurs et des négociations de prix encore plus drastiques. La mise en œuvre réussie de ces objectifs chiffrés déterminera les primes et les bonus des membres des comités de direction. Cela garantit que tout fonctionne comme prévu. Et pour compenser les dures réalités sociales et environnementales qui sont perçues comme des conséquences involontaires, on bâtit prestement des programmes de responsabilité sociale qui font passer les entreprises pour « responsables » alors même qu'elles détruisent et empêchent des milliers d'emplois, et évitent de fournir des millions de tonnes d'aliments et de fourrage de qualité à faible coût, qui pourraient bénéficier à l'économie locale grâce à des ressources aisément disponibles et aider à éradiquer la faim du globe.

Nous devons passer du modèle actuel à un modèle de croissance inclusif ! Imaginons l'impact d'un taux de croissance à deux chiffres sur le chômage, la faim et la pauvreté. Est-ce que nous sommes déterminés à changer radicalement les statistiques qui démontrent qu'une personne sur neuf dans le monde est sous-alimentée et que près de la moitié des décès d'enfants est dûe à la malnutrition ? Cela ne pourra jamais se faire avec une imposition additionnelle massive des citoyens ni par un programme orthodoxe d'austérité, ou une séance photo avec George Clooney, l'icône de la marque Nespresso. Il nous faut changer notre façon de faire des affaires. Cela nécessite un petit noyau dur d'investisseurs, d'entrepreneurs et de citoyens prêts à démontrer empiriquement qu'un nouveau modèle peut concurrencer ce qui a dominé la logique jusqu'à aujourd'hui. Après avoir engendré la création de 5 000 fermes de champignons dans le monde, j'ai l'espoir que nous atteindrons un million d'ici vingt-cinq ans !

# 3
# Inspirante Nature

Pour qu'une société perdure, il faut une économie dynamique et adaptative. Mais l'inverse est tout aussi vrai. Sans notion de durée, aucune économie ne peut continuer à fonctionner. Si vous gardez à l'esprit ces idées, vous ne serez pas surpris que je propose inlassablement la mise en pratique d'une logique inspirée des écosystèmes. La Nature fait preuve d'un vrai sens de l'économie et de la durée. Si nous développions notre activité en nous inspirant de la Nature, nous pourrions utiliser les sources d'énergie et les ressources disponibles de façon efficace, sans gaspillage, et créer ainsi des centaines de millions d'emplois, redonnant du sens à la vie et aux communautés.

Avez-vous remarqué que, dans la Nature, tout le monde contribue au mieux de ses capacités et que personne n'est jamais mis au chômage ou relégué dans un jardin d'enfants ou une maison de retraite ? La Nature, organisée en une multitude d'écosystèmes, offre les clés de l'abondance et les moyens de la partager avec tous. Le but de tout est le bien commun. En s'appuyant sur les lois de la physique, une économie s'inspirant des écosystèmes fonctionnerait avec ce qui est disponible

localement, notamment l'eau, la nourriture et les sources d'énergie. C'est cela la vraie solution à un développement durable. Transformer le cycle économique récessif actuel en imitant la logique modelée par la Nature nous permettra de répondre aux besoins fondamentaux et de créer une véritable économie, une « économie bleue », une économie d'abondance et – pourquoi pas – du bonheur et de la joie.

Une fois encore, s'inspirer de l'efficacité fonctionnelle et matérielle des écosystèmes est un moyen pragmatique pour obtenir une utilisation optimale et respectueuse des ressources disponibles, tout en favorisant l'efficacité et en permettant la création de valeur. Ce n'est rien de plus que l'application de la logique d'Homo Economicus. Un parcours qui passe d'une étape à une autre fait partie des processus que nous devrions imiter. C'est la méthode que la Nature utilise pour transformer une apparente pénurie en abondance réelle. Imaginons une suite de cascades où chaque bassin se remplit du précédent, sans fin et sans apports extérieurs, sauf l'énergie solaire, la force de la gravité et l'ingéniosité. Cette métaphore permet de bien comprendre comment chaque espèce reçoit d'une autre les aliments et l'énergie dont elle a besoin, puis à son tour va enrichir une autre espèce, au bénéfice global de tous. Les oligo-éléments enrichissent les micro-organismes, les micro-organismes alimentent des plantes, les plantes nourrissent d'autres espèces, spécialement les animaux, les rejets d'une plante sont un substrat pour les champignons, l'une devenant la nourriture d'une autre. Un modèle où les nutriments et l'énergie se succèdent en cascade devient auto-suffisant et durable car il ne fait pas appel à des apports extérieurs tout en ne perturbeant pas d'autres

environnements puisqu'il ne produit pas de déchets inutilisables.

Il y a sur terre de nombreux exemples bien établis et réussis de projets entrepreneuriaux qui démontrent comment une économie bleue bénéficie non seulement au sol mais aussi à ses occupants, en fournissant la sécurité alimentaire, des conditions de vie acceptables et du travail. Je pense aux travaux de Paolo Lugari qui réinventa la savane de Vichada, en Colombie. On peut étudier le projet d'autosuffisance alimentaire développé par le père Godfrey Nzamujo au Bénin. On peut observer la vision d'Håkan Ahlsten et des citoyens du Gotland pour défendre et protéger leurs champs. On peut suivre les efforts du village de Picuris au Nouveau-Mexique pour transformer le petit bois inflammable en un débouché profitable. Je n'oublie pas et salue les efforts pionniers de Javier Morales et des citoyens de l'île d'El Hierro, aux Canaries, pour conserver l'eau douce et l'énergie, et redonner à la pêche et l'agriculture locales, longtemps considérées sans intérêt commercial, un rôle de moteur dans l'économie au lieu de parier sur le tourisme de masse. Et saluons aussi le travail de Carlo Petrini, le fondateur de la Slow Food, qui a inspiré des milliers de communautés dans plus de 200 pays.

Tous ces projets et initiatives ont en commun l'enchaînement en cascade des étapes et le respect des lois de la physique en matière d'apport énergétique tout en construisant sur la biodiversité et les écosystèmes du territoire. En outre, chacun a rendu possible la sécurité alimentaire et énergétique, tout en multipliant les bénéfices (source de revenus externes, réduction des besoins en matériaux, économies d'énergie...). Ce sont des communautés engagées qui ne sont pas contre la

mondialisation, mais ont inventé un modèle de production et de consommation bien meilleur.

## De la pénurie à l'abondance

Quand Paolo Lugari proposa de réhabiliter la savane de Vichada pour qu'elle redevienne la forêt tropicale qu'elle avait été, personne, sur la base des connaissances scientifiques d'alors, ne pensait cela possible. Le sol était acide et érodé, l'eau non potable, et il n'y avait pas de zones terrestres humides facilement exploitables. La piste qui serpentait sur la rive ouest de la rivière Orinoco était même devenue impraticable. La terre était donc facile à acquérir. Lugari entreprit alors, sans expérience ni moyens financiers, de reboiser le terrain, en préconisant une approche innovante et originale. Un quart de siècle plus tard, Lugari accueille au village de Las Gaviotas les visiteurs au cœur d'une parfaite forêt tropicale de 8 000 hectares. Son équipe et lui ont découvert la symbiose entre un champignon mycorrhizien et le pin des Caraïbes, ce qui a permis, outre la survie de 92 % des arbres plantés, la recréation des conditions de développement de toute une région et de son écosystème.

Planté dans un sol enrichi par des truffes bohémiennes (*pisolithus tinctorius*), le petit pin des Caraïbes (*pinus caribaea*) développe une ombre qui protège ses racines et le sol des rayons ultraviolets. Même quand la chaleur devient insupportable pour toutes les autres plantes, le pin réussit à atteindre sa pleine maturité en se nourrissant des rhizomes de champignons protégés par un abondant tapis d'aiguilles de pin. De surcroît, le tapis d'aiguilles améliore la rétention d'humidité du sol, capturant de nombreux débris qui, sinon, auraient disparu,

emportés par les pluies torrentielles. Ces résidus, en s'accumulant, maintiennent la température du sol. Quand une pluie s'abat sur un sol trop chaud, elle ne parvient pas à pénétrer la couche supérieure et, au contraire, se met à raviner en « nettoyant » le sol des produits fertiligènes. Au contraire, lorsque la pluie tombe sur un sol plus frais que sa température, elle a tendance à être absorbée, et à maintenir le taux de carbone dont les micro-organismes ont besoin. Par conséquent, une augmentation de la perméabilité du sol due à l'inversement des conditions de température rend possible l'épanouissement d'une nouvelle végétation. La forêt se met alors à se développer grace à ce « delta T », la diversité s'accroît et les pluies deviennent plus abondantes. La savane asséchée, dévastée, caractérisée par un sol acide et une eau malsaine, laisse la place à une forêt tropicale, abondante en eau potable et au sol riche et fertile.

Une équipe de télévision japonaise en reportage à Las Gaviotas, filmant ce que peu d'observateurs pensaient possible, fut surprise de constater que les nuages menaçants apportaient une pluie plus rafraîchissante que d'habitude. En effet, une forêt est plus froide qu'une plaine. Or, quand la surface du sol est fraîche, les nuages libèrent leur eau à un point de rosée plus faible. Tournant le dos à quatre cent-cinquante ans d'agriculture agressive et destructrice, uniquement orientée vers l'exploitation de fourrage pour les troupeaux, le paradis retrouvé de Las Gaviotas a su combiner des champignons et des arbres en une élégante symbiose pour faire revivre une immense forêt. Ceci n'est pas un rêve. C'est bel et bien réel !

Au-delà de ces changements météorologiques et organiques, le résultat le plus surprenant a été la valeur dégagée par cette forêt. Une terre qui produit est une

terre qui vaut quelque chose. Sur une période de vingt-cinq années, la valeur de chaque hectare de savane, mesurée à l'aune de l'eau potable et de la nourriture récoltable sur le territoire, a été multipliée – selon une banque américaine – par 3 000 ! Avant la rénovation, les habitants de Las Gaviotas n'avaient quasiment pas d'espoir de trouver un emploi. Ils ne connaissaient pas l'eau potable, souffraient de troubles gastriques et ne bénéficiaient bien sûr d'aucun soin médical. Une génération plus tard, l'eau est abondante, courante et disponible pour presque rien, sans gaspillage de bouteilles en plastique. Le surplus d'eau est même revendu aux riches habitants de Bogota, qui sont prêts à payer pour cette eau locale le même prix que des eaux importées, comme San Pellegrino ou Évian. Les restaurants Wok et Crepes and Waffles, à Bogota, n'achètent pas seulement l'eau de la forêt ; leurs huiles de cuisine sont aussi transformées en puissant carburant par le mélange avec de la térébenthine extraite de la résine de sapins.

Impressionné par les revenus dégagés à Las Gaviotas par les technologies localement appliquées et par les apports à une communauté locale de seulement deux mille habitants, dont la grande majorité sont des réfugiés de la guerre des drogues, le PDG de la banque JP Morgan, William B. Harrison Jr, a soutenu l'expansion du village. Des 8 000 hectares initiaux, le projet est prêt à passer à plus de 100 000 hectares. Sur la base des analyses du département de prospectives de la banque, il a proposé un investissement global de 300 millions de dollars. À une telle échelle, le projet permettra de créer plus de 100 000 emplois dans les dix prochaines années, tout en « compensant » l'équivalent des émissions de carbone de pays aussi importants en superficie que la Belgique et les Pays-Bas ! Là où l'État

et les modèles économiques traditionels ne proposaient rien aux populations locales, la vision d'un seul homme s'inspirant de la Nature a répondu à leurs attentes. C'est en s'inspirant du cycle naturel d'un écosystème que ce projet d'activité a obtenu des tels aboutissements économiques, sociaux et environnementaux. Le succès de Las Gaviotas illustre l'interdépendance des lois de la physique de la pression, de la température, de la tension de surface, de la conductivité et du magnétisme qui fait souffler le vent et croître les arbres. Il suffit de comprendre la dynamique de ces interactions et l'enchevêtrement du tissu naturel pour que de nouvelles solutions voient le jour. Notre vision économique a trop longtemps oublié le tellurique.

Las Gaviotas contribue directement à atteindre l'objectif numéro six du développement durable : eau propre et assainissement. Mieux encore, le projet mené avec les refugiés génère plus d'eau qui aie jamais été disponible de manière permanente. Cette initiative atteint dans la région l'objectif numéro huit : travail décent et croissance économique avec l'installation d'une industrie locale basée sur des innovations, ce qui répond à l'objectif neuf. Quand il y a de l'eau, de la nourriture, du travail et de la culture, règnent la paix et la justice. C'est l'objectif de développement durable numéro seize !

## La fin de la faim en Afrique

Le centre Songhai, situé à Porto Novo, la capitale du Bénin, est dirigé par Godfrey Nzamujo, un prêtre dominicain. En 1984 (l'année où Paolo Lugari a lancé le projet de reforestation de Las Gaviotas), le père Nzamujo

a entrepris un programme de lutte contre la faim. Tout a commencé sur quelques hectares de marais octroyés par l'ancien président du Bénin. Un quart de siècle plus tard, Nzamujo a réussi à démontrer les possibilités infinies de l'Afrique de l'Ouest en matière de sécurité alimentaire, aboutissant à la création de 450 emplois, tout en contrant la dévastation environnementale.

À Songhai, il a développé un système logique et particulièrement réussi où les nutriments et l'énergie disponible se renforcent mutuellement. Les eaux des toilettes ou de nettoyage, ainsi que les déjections animales et humaines, sont collectées dans un digesteur à trois chambres. Des jacinthes d'eau (une plante exotique particulièrement invasive introduite par les colons comme fleur ornamentale) sont alors broyées et introduites dans les eaux résiduelles du digesteur. Le méthane qui se dégage de cette biomasse sert à fournir de l'énergie pour un usage domestique. Après une étape de minéralisation, les restes de ce solide biologique minéralisé digéré par des bactéries devient un engrais permettent de nourrir des zooplanctons, des phytoplanctons et des benthos qui vont à leur tour nourrir des poissons. La conception du digesteur est telle qu'il a un excellent rendement en production de gaz, un peu à l'image de ce que fait notre corps pour limiter la prolifération de bactéries acides et dangereuses. Le pH de la biomasse passe d'une grande acidité à un fort niveau basique grâce à la prolifération d'algues dans les eaux résiduelles. En milieu anaérobique (c'est-à-dire sans oxygène), des bactéries exposées au soleil renforcent la transformation de $CO_2$ en oxygène et évitent la prolifération d'espèces pathogènes, et les algues en condition aérobiques (c'est-à-dire avec oxygène) rendent le système superproductif.

Songhai a dû faire face à un autre défi tout ce qu'il y a de pragmatique : les mouches. Pour une ferme voulant obtenir un label bio, les insecticides traditionnels n'étaient pas acceptables. La solution trouvée par le père Nzamujo fut tout simplement extraordinaire : il s'est attaqué aux asticots en les intégrant au modèle. Et c'est là que se trouve la leçon que nous devons retirer de cette histoire. Tous les résidus de l'abattoir de Songhai sont collectés dans une zone spéciale, faite de petits réservoirs en ciment de la profondeur d'une main tendue, entourés d'un réseau de canaux peuplés de carpes. Les parties à l'air libre sont recouvertes d'un large filet, afin d'éviter les intrusions d'oiseaux. Les mailles ont la taille suffisante pour permettre aux mouches affamées de se faufiler. Elles prolifèrent donc sur les déchets de viande et le festin des mouches se transforme en une gigantesque ferme aux asticots, dont la production avoisine les six tonnes par mois ! En outre, plus une seule mouche qui vive sur le reste du périmètre. En effet, que feriez-vous si vous étiez une mouche ? Vous vous installeriez là où il y a l'abondance. De l'eau est régulièrement aspergée sur les déchets de l'abattoir afin que les asticots flottent à la surface et soient plus faciles à récolter. À quoi bon recueillir des tonnes d'asticots ? C'est une source de nourriture peu onéreuse pour les élevages de poissons et de cailles du centre, qui sont consommés sur place par les habitants. Mais ce sont surtout les enzymes issues des asticots qui ont le plus de potentiel économique. Ils ont des propriétés médicinales reconnues pour guérir les ulcères diabétiques en favorisant la reconstruction de cellules fibroblastiques. Encore plus formidable, les enzymes sont extraits des asticots vivants, avant que ceux-ci ne soient donnés aux poissons et aux cailles. En effet, les asticots les

régurgitent lorsqu'ils sont immergés dans de l'eau salée. Voici donc un autre exemple d'un écosystème équilibré. Un des objectifs du père Nzamujo était de diminuer les maladies en éliminant les mouches. Le résultat fut la suppression des mouches dans le centre mais aussi la production des enzymes bénéfiques.

Continuons un peu l'exploration de cet exemple remarquable. Les asticots ont appris à utiliser les lois de la physique (électricité et magnétisme) pour créer un stimulus. La biologie et la biochimie des asticots sont connues en tant que sources de bienfaits médicaux, mais une nouvelle hypothèse laisse penser que c'est une micro-décharge électrique produite par ces enzymes (presque indétectable avec les appareils en notre possession à l'heure actuelle) qui améliore la guérison. Les traitements à partir d'asticots sont connus et prescrits dans le monde entier dans les cas de diabète. Une version purifiée, expurgée de toute trace d'asticots, a même été rapidement approuvée par les organismes de régulation grâce au soutien du NHS[1]. C'est plus que bienvenu car la principale cause d'amputation en Afrique sont les blessures mal soignées. Une véritable contribution aux objectifs de développement durable, tout particulièrement le numéro trois : permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge, le tout combiné avec l'objectif numéro deux : le zéro faim.

David et Jason Drew, des entrepreneurs Sud-Africains, ont déjà levé plus de cent millions de dollars pour recréer ce modèle dans la ville du Cap. Ils ont démarré dans le Centre de recherche agricole d'Elsenburg, au sein de l'université de Stellenbosch, et se sont étendus

1. National Health Security soit la sécurité sociale britannique.

à la périphérie de la ville, créant des emplois pour les habitants des bidonvilles. Leur société AgriProtein vise à remplacer les protéines de poisson par des asticots, réduisant du même coup la pression sur la pêche océanique. En 2014, ils ont surpassé la capacité de production de Songhai. En 2016, l'équipe a remporté le défi de l'économie bleue organisé par le gouvernement australien. La surpêche, surtout des saumons, est une dure réalité, consécutive à une demande croissante en protéines animales. Les océans sont vidés de leurs harengs et anchois. L'Australie souhaite se convertir en producteur mondial de protéines de larves, protégeant ainsi l'exploitation des hauts-fonds tout en imitant un procédé naturel.

Toutes ces initiatives atteignent l'objectif quatorze du développement durable : conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines. Mieux encore, ce sont des projets productifs avec les excédents de l'élevage qui remplacent la surpêche et la culture des OGM.

Nous avons besoin de partenaires hors du commun – l'objectif dix-sept – pour atteindre les seize autres objectifs ! Les abattoirs d'Australie, les supermarchés en France, l'Université nationale de Colombie basée à Bogotá sous la direction du docteur Hilderman Pedraza Vargas, le centre Songhai, les financiers de Londres, les autorités de santé en Angleterre et plus de quarante centres de production d'asticots dans le monde (dont un dans ma Belgique natale) créent les conditions propices pour inspirer des entrepreneurs qui n'ont pas d'autres motivations que de changer le monde grâce aux plateformes collaboratives et lancer déjà plus de cents entreprises !

## Le doux potentiel de la bagasse

Le cas de l'industrie agroalimentaire est particulièrement sensible. L'exemple de la canne à sucre nous donne matière à réflexion. Le taux de sucre d'une canne est de 10 à 15 %. Le reste, que l'on appelle bagasse ou biocombustible, est traditionnellement incinéré. Les systèmes naturels n'emploient jamais le feu en tant que source d'énergie, alors que nous, les humains, y avons régulièrement recours. Brûler la bagasse, c'est user d'une source bon marché et abondante de combustible. Mais en réalité le seul élément énergétique est la lignine, le reste de la canne, majoritairement de la cellulose et de l'hémicellulose, n'a pas un bon rendement énergétique et contribue à l'émission de carbone.

Utiliser la bagasse pour fabriquer du papier ou du carton, comme cela a été fait dans plusieurs pays comme l'Argentine, l'Inde et le Brésil, mais à toute petite échelle, serait une meilleure solution. Bien sûr, ces fibres tropicales ne rentrent pas dans le schéma actuel de production de papier, qui s'appuie sur d'immenses plantations de pins et d'eucalyptus. Néanmoins, un rapide calcul donne des résultats troublants : avec un rendement de 6 à 12 tonnes par hectare, la bagasse produit entre 40 et 80 tonnes de fibre pendant les sept années dont le pin a besoin pour atteindre sa maturité. En matière de fibres disponibles, la canne à sucre dépasse largement le volume pouvant être atteint par les pins et égale même le bambou, la matière préférée en Inde.

Par ce calcul, on peut voir les bénéfices à utiliser une ressource renouvelable ou recyclée en dehors de l'activité primaire et traditionnelle. C'est notre (mauvaise)

habitude qui fait que nous n'utilisons que le sucre des cannes et brûlons le reste. C'est le même état d'esprit qui fait que nous extrayons la cellulose des pins pour fabriquer du papier et jetons 70 à 80 % du reste de l'arbre.

Mais il n'y a pas que le papier qui nous intéresse. La bagasse est aussi un excellent substrat pour cultiver les champignons, jusqu'à 200 kilos. La bagasse est de la cellulose que l'on peut convertir en alcool – au lieu de transformer le sucre en éthanol, on utilise une transformation bactérienne. En combinant cet alcool et de l'huile, on obtient des monomères pour la productions des polymères, ou bioplastiques. Le potentiel est énorme et les revenus certains.

Quels résultats pourrions-nous atteindre si nous produisions nourriture et emballages comme le fait la Nature : des plantes aux champignons, aux animaux, aux bactéries, aux algues et ainsi de suite, en de multiples combinaisons et directions en fonction des différents environnements ! Quelles économies pourrions-nous réaliser si nous n'utilisions que les énergies gratuites et immédiatement disponibles : la lumière et la gravitation ! Ceci est un cas qui renforce notre désir de contribuer à l'objectif de développement durable numéro douze : établir des modes de consommation et de production durables. En 2050, si la consommation des 10 milliards d'habitants que nous serons devait être proportionnellement équivalente à ce que nous consommons aujourd'hui, nous aurions besoin de trois planètes.

Voilà quelques points remarquables à avoir à l'esprit pour une nouvelle économie ancrée dans de solides modèles où les composants interagissent entre eux pour créer nourriture, habitat, emplois, énergie et revenus... d'une manière renouvelable.

## L'île ensoleillée (et autosuffisante)

Les îles Canaries, au large des côtes espagnoles, sont une destination touristique particulièrement prisée. Une des îles de l'archipel, El Hierro, n'a jamais souhaité se développer en construisant des marinas pour accueillir ponctuellement les touristes. Elle souffre d'une pénurie chronique d'eau et, au cours des siècles passés, des milliers d'insulaires ont pour cette raison dû émigrer. Lorsque le gouvernement espagnol a envisagé d'y construire un radar, qui aurait généré des emplois par le biais des dépenses militaires, la population a voté contre. Cependant, le projet a réveillé la conscience des citoyens et une vision a émergé : rendre l'île autosuffisante en énergie et en eau. La vision était claire, mais le chemin vers la réalité l'était moins.

C'est Javier Morales, le maire adjoint de l'île, qui s'est rendu compte que chaque année près de 10 millions d'euros étaient alloués à l'achat du carburant nécessaire au fonctionnement de générateurs. La majeure et croissante partie de leur puissance était dévolue à la désalinisation de l'eau. Une équipe d'ingénieurs locaux et de politiciens a conçu l'idée de mobiliser dix ans de dépenses certaines pour investir dans un programme d'énergie renouvelable de presque 100 millions d'euros. Il a fallu dix-sept ans pour que la vision devienne réalité, mais depuis 2014, l'île génère son électricité à partir du vent. Grâce à cet apport énergétique, l'eau est pompée à 700 mètres de hauteur dans un vieux bassin volcanique. Quand il n'y a pas assez de vent, l'énergie hydroélectrique est utilisée comme complément, toute en assurant la distribution d'eau dans toute l'île par force de gravité. Cette énergie permet de désaliniser à

coût marginal. Aujourd'hui, les insulaires ont deux fois plus d'eau pour la moitié du coût. Cela stimule l'économie locale, désormais relancée. L'abattoir a réouvert, la fromagerie transforme tout le lait de chèvre et de brebis en produits de plus grande valeur (la coopérative paie aux agriculteurs le litre de lait plus de 2,60 euros). La coopérative viticole produit 180 000 bouteilles de vin par an. Les pêcheurs ont remplacé leurs filets par des lignes, et respectent une zone réservée aux femelles pour y pondre leurs œufs. Cette zone de 5 kilomètres carrés est devenu biosphère de l'Unesco. Des bananes et ananas biologiques ont été ajoutés aux productions locales, et se combinent avec le yaourt au lait de chèvre. Toutes les huiles usagées sont converties en biocarburant. L'économie prospère, les activités se multiplent, le chômage est faible et les jeunes qui étaient tentés d'émigrer trouvent maintenant une raison de rester.

Entraînée dans ce cercle vertueux, la population a décidé de remplacer, dans les dix années à venir, les 6 000 voitures par des véhicules électriques. Corona del Viento, la compagnie d'électricité et d'eau, a créé une société de crédit-bail qui vend des contrats de location longue durée à la population locale pour financer les nouvelles voitures (à l'exclusion de la batterie). Elle s'est concentrée sur un réseau intelligent parfaitement réparti dans toute l'île lui permettant de vendre les volts dont les batteries ont besoin. C'est un revenu de 150 euros par voiture et par mois. Le conducteur, de son côté, paie 180 euros par mois pour sa voiture (électricité comprise). C'est aussi intelligent que simple.

Ce nouveau modèle économique ne réussira que s'il favorise les initiatives basiques et des rémunérations nettement supérieures aux précédentes. Le monde changera dans le bon sens lorsque tout sera mis en

place pour que se développent la capacité d'inspirer les non-inspirés, la faculté d'inclure les exclus, la possibilité de travailler en réseau avec ceux qui sont si souvent oubliés. L'autonomisation des jeunes, en particulier ceux qui semblent condamnés au chômage et à la pauvreté, peut avoir un impact économique gigantesque. Si nous agissons comme les systèmes naturels, il est tout à fait possible de créer plus d'emplois tout en augmentant la productivité et en améliorant l'efficacité des ressources. Avez-vous déjà entendu parler d'arbres, de poissons, d'asticots ou de champignons sans travail ?

En vingts-cinq ans, l'évolution de cette île montre, qu'à une échelle de 10 000 habitants, nous sommes en mesure d'éliminer la pauvreté (ODD [objectif du développement durable] 1), de promouvoir la bonne santé et le bien-être (ODD3), de fournir de l'eau propre (ODD6), de garantir de l'énergie propre à un coût abordable (ODD7), de créer des emplois décents et une croissance économique (ODD8), de relancer l'industrie, d'introduire des innovations et de repenser l'infrastructure (ODD9) dans des villes et villages durables (ODD11), d'initier une évolution basée sur une consommation et une production responsable (ODD12), de donner un extraordinaire exemple de lutte contre les changements climatiques en suivant le concept de « zéro émission » (ODD13), avec une vie aquatique regénérée (ODD14), des institutions efficaces proches des citoyens (ODD16), et en forgeant des partenariats pour la réalisation des objectifs (ODD17l). Et il ne s'agit que d'une petite île en périphérie de l'Europe !

Comment pouvons-nous, en tant que société, atteindre l'abondance ? Comment pouvons-nous continuellement obtenir des sources d'énergie renouvelable pour

la nourriture, le logement, les moyens de subsistance et le bien-être ? En s'inspirant des méthodes imitant les écosystèmes naturels et appliquées avec succès en Colombie, au Bénin et en Espagne. Il est temps de choisir des modèles ayant une dimension de générosité, un objectif de préservation de la planète et des espèces vivantes et un avenir à très long terme. C'est cela, l'économie bleue.

# 4
# La physique d'abord

On peut tirer des leçons instructives de la physique des flux d'eau et d'air. Ceci nous rapprochera des méthodes mises au point par des espèces animales aussi diverses que les termites, les zèbres, les scarabées ou les moules. En s'inspirant de ces modèles trop rarement mobilisés, on peut obtenir plus en utilisant moins d'énergie, tout en assurant des conditions sanitaires meilleures que celles prévues. On pourrait même éliminer des composants et des produits considérés comme indispensables à l'habitat moderne !

Les bâtiments complètement fermés et isolés ont pour ces raisons peu de chances de s'autoréguler. Il faut même des ventilateurs pour faire circuler l'air à l'intérieur des constructions. Les bâtiments fermés accumulent l'humidité, surtout dans les caves et les sous-sols (l'air humide est plus lourd et a tendance à aller vers le sol). Les chambres à coucher sont chauffées avec un air sec qui peut gêner nos systèmes respiratoires, tandis que, du fait de la présence croissante d'équipements électroniques, les particules de poussières s'amoncèlent. N'oublions pas que les mites prolifèrent dans les moquettes car nos triples vitrages anti-UV créent des conditions idéales

pour leur reproduction... Les acariens, microscopiques se nourrissent des résidus laissés par l'activité des occupants des lieux. Ces petites bêtes sont responsables de nombreuses allergies respiratoires ou dermatologiques (comme par exemple l'asthme ou l'eczéma). S'en débarrasser nécessite des traitements chimiques agressifs, qui vont laisser des traces et des résidus pendant des mois dans nos bâtiments confinés (en plus des résidus volatils provenant des meubles ou des colles utilisées pour les moquettes). Cela ne ressemble assurément pas à l'image que l'on se fait d'une construction énergétiquement et écologiquement efficace.

On peut parvenir à réduire de 70 % notre consommation d'énergie ou viser une maison à l'impact énergétique neutre (toute l'énergie pourrait être fournie par des panneaux solaires), mais cette option conserve dans son système l'usage de produits chimiques coûteux et potentiellement dangereux, causes de nombreux effets secondaires. Ne peut-on pas imaginer une solution encore plus ambitieuse ?

Si nos bâtiments « éco-efficients » tenaient compte des solutions développées depuis des millions d'années par les animaux et les plantes, nous constaterions une différence visible sur la salubrité et l'hygiène des constructions. Des bâtiments « bons pour la santé » pourraient en effet avoir le double effet de réduire la consommation énergétique et les coûts d'hygiène, tout en nécessitant moins de capitaux.

## Termites maîtres des flux

Les premiers fermiers terrestres furent les termites et les fourmis. Il y a environ cent millions d'années,

les termites ont survécu à des changements climatiques majeurs. Leur évolution a nécessité la mise en place d'une technique de serre. Les termites champignonnistes ont perfectionné un système dans lequel la température et l'humidité au cœur du nid sont complètement sous contrôle, afin de faciliter la culture de champignons (leur aliment de base). Les termites ont donc réussi à atteindre l'autosuffisance alimentaire en évoluant d'une société de chasseurs à une société de cueilleurs bien avant l'homo sapiens. Cette admirable maîtrise de la température, de l'humidité et de la pression atmosphérique suit bien évidemment les lois de la physique, mais aussi l'application de mathématiques avancées dans l'élaboration des systèmes de construction. En créant des différences de pressions entre les différents étages de la termitière, les termites ont perfectionné le design des cheminées dans lesquelles l'air se réchauffe et s'élève, de façon prévisible et contrôlable. De nombreux petits tunnels relient la termitière à l'extérieur, permettant une circulation de l'air et donc une pression constante à l'intérieur. C'est une illustration admirable de la troisième loi du mouvement de Newton : « Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B. » En outre, la température de l'air qui circule dans ces tunnels souterrains subit peu de variations et reste assez stable, proche de la température du sol, ce qui fait que l'humidité et la température à l'extérieur définissent le niveau d'humidité requis dans la termitière. Les termites champignonnistes savent calculer ce taux et peuvent donc construire une termitière n'importe où dans le monde, sous n'importe quel climat, afin de créer l'environnement idéal pour la culture du champignon lignolytique, leur aliment de base.

L'architecte suédois Bengt Warne a observé les termites au Zimbabwe, dans les années 1950. Ses schémas décrivant les flux d'air dans les monticules érigés par les termites sont rassmblés dans un ouvrage important[1]. Ses modélisations apparaissent simples mais sont assez difficiles à reproduire dans les constructions modernes. Un autre architecte suédois, Anders Nyquist (qui a connu Warne, mais ne fut pas son collaborateur), a développé les formules mathématiques qui rendent applicables les intuitions de Warne et obsolètes les systèmes modernes de contrôle de la température. En utilisant l'étude des termitières, Nyquist a démontré que des bâtiments éco-efficients peuvent être refroidis ou réchauffés en fonction des besoins sans pour autant confiner les occupants dans des pièces isolées. Or, lorsque l'air ne peut circuler, les bactéries et les microbes prolifèrent, ce qui fait que lorsque quelqu'un éternue, tous les autres s'enrhument (ce qui ne peut être le but recherché, convenons-en).

L'école Laggarberg, à Timrå, dans la banlieue de Sundsvall, au nord-est de la Suède, a été conçue en appliquant les principes de Nyquist, adaptant ce que les termites font naturellement ou ce que les anciens préconisaient pour conserver la chaleur et la fraîcheur sans gaspiller d'énergie, ni utiliser de matériaux isolants. Un système de ventilation et d'ouvertures régule la température, à la hausse et à la baisse. L'air est frais toute l'année et quand un enfant éternue, aucun de ses copains ne s'enrhume.

L'air frais permet l'évacuation de la poussière et des particules chargées. Si l'on se fie au nombre de jours

---

1. *På Akacians Villkor: att bygga och bo i samklang med naturen* (« À propos de la condition des acacias : construire et vivre en harmonie avec la Nature »), 1993. Ouvrage autoédité non traduit en français.

d'absence dus à des maladies, les élèves sont ceux en meilleure santé de toute la Suède. Ils sont, en outre, parmi les meilleurs académiquement. Que se passe-t-il lorsque des parents apprennent que dans une certaine école les enfants réussissent mieux et sont en pleine forme ? Les familles essayent de déménager dans le quartier, seul moyen d'y inscrire ses enfants dans l'école en question. Que se passe-t-il quand des gens se déplacent en masse dans un quartier donné ? Les prix du foncier augmentent. Nous avons maintenant l'explication première de toute cette causalité : la science des termites !

Les compétences des termites sont exceptionnellement instructives, alors même que ces insectes sont combattus avec ardeur partout dans le monde à cause de leur supposé appétit pour le bois. Si nous tenions compte de leur rôle essentiel dans la fertilisation des sols, nous nourririons peut-être moins d'animosité à leur endroit ? Dans les faits, 15 % de la végétation terrestre sont la source des champignons dont les termites se régalent. La décomposition des débris laissés crée la chaleur dont ils ont besoin en hiver et enrichit le sol pour des années.

Grâce aux termites nous pouvons apprendre à rafraîchir l'air en continu dans n'importe quel bâtiment sans avoir recours à la climatisation. Si l'air est rafraîchi, il y aura moins de risques de développer le syndrome du bâtiment malsain, où un air stagnant, vicié ou chargé en microbes reste à l'intérieur et peut causer des intoxications. Dans le monde des termites, c'est ce même système qui contrôle l'humidité, si importante pour la culture des champignons dont ils tirent leur alimentation. L'aération d'une termitière permet de réguler une température constante de 28-30 °C et un taux d'humidité de 61 % exactement. Ces conditions précises sont

idéales pour que se développe le mycélium d'un nouveau champignon, le termitomyces[1], un champignon comestible et même délicieux qui pousse sur les termitières. La seule variable que les termites ne savent pas contrôler est l'eau de pluie. En cas de fortes précipitations, la termitière peut être inondée. La reine des termites stocke alors des spores du champignon – après une inondation, se croyant en danger de disparition, ce champignon produit immédiatement des « fruits » – dans sa bouche afin d'aider à la construction d'une nouvelle termitière. Nous n'aurons pas à aller jusque-là : les humains paraissent avoir une meilleure maîtrise des flux hydrauliques.

Il n'est pas surprenant que le premier immeuble à étages imitant l'ingéniosité des termites ait été érigé à Harare, la capitale du Zimbabwe. Le *Eastgate Shopping and Office Centre* est un immeuble de dix étages uniquement chauffé et refroidi par aération naturelle, construit à la fin des années 1980 par Mike Pearce, un architecte local. Les données économiques de ce système innovant sont plus que convaincantes. En supprimant l'espace entre deux étages, espace normalement dédié aux tuyaux de ventilation, le point d'équilibre de la construction est passé de 55 à 46 %, essentiellement car cela a permis d'ajouter un étage supplémentaire, pour la même hauteur, tout en réduisant les coûts et les frais de fonctionnement (de 10 à 15 %). Les banques préfèreront toujours financer des projets moins risqués et assurant un meilleur retour sur investissement pour une mise de fonds plus faible. Si d'autres éléments importants, – tels que la réduction

1. Termitomyces est un genre de basidiomycète, champignon agaricoïde lamellé, appartenant à la famille Lyophyllaceae. Il y a environ une trentaine d'espèces dans le genre.

des frais d'entretien liés au système de climatisation, sont mieux contrôlés, les possibilités de financement seront d'autant plus facilitées.

## Pourquoi les zèbres ont-ils des rayures ?

Pour continuer à faire fonctionner notre imagination créatrice et électriser nos capacités mimétiques, je propose que nous nous penchions sur ces animaux étonnants que sont les zébres. Ils présentent une caractéristique intéressante en matière de contrôle de la température en surface, caractéristique dont on pourrait s'inspirer pour réduire, voire éliminer, certaines méthodes d'isolation thermique. Le zèbre est en effet capable de réduire de 7 à 8 °C sa température externe en jouant sur des courants d'air générés par l'alternance de ses rayures noires et blanches. Voici une autre application des lois physiques, pourtant enseignées mais rarement mises en pratique. Les règles d'architecture poussent à modérer les hausses de température par l'utilisation des propriétés de réflexion de la chaleur de la couleur blanche. L'observation du zèbre devrait pousser à l'utilisation du blanc *et* du noir. Nous avons tous constaté que la couleur blanche réfléchit le soleil et donc réduit la température. La couleur noire, au contraire, absorbe le soleil et donc augmente la température en surface. L'air en suspension au-dessus du blanc est donc plus froid que l'air au-dessus du noir. Or l'air chaud a tendance à s'élever, ce qui entraîne un différentiel de pression avec l'air froid. Cela crée des micro-courants d'air, qui rafraîchissent la surface sans qu'une ventilation mécanique soit nécessaire. Cette caractéristique physique peut-elle être intéressante d'un point de vue économique ?

L'immeuble de bureau Daiwa House à Sendai au Japon, également conçu par Anders Nyquist, s'appuie sur des alternances de blanc et de noir. Le contrôle automatique de la température extérieure du bâtiment grâce à l'alternance de couleurs opposées réduit la température intérieure de 5 °C durant l'été. La mise en application toute simple de lois physiques connues a permis une diminution des besoins en énergie de 20 %. Mais on reste loin des impressionnants 8 °C du zèbre. Chez le zèbre, les basses et les hautes pressions sont maîtrisées par de minuscules courants d'air. Ainsi, plutôt que d'isoler l'intérieur, la réaction physique élimine la chaleur à l'extérieur. Le zèbre a par exemple une couche de gras superficielle seulement sous les rayures noires, les blanches n'en ayant pas besoin. En prolongeant l'analogie, on devrait pouvoir réduire les couches d'isolants polyuréthanes (bourrés de produits anti-feu) ou de laine de verre à l'intérieur des bâtiments. Cela économise des matériaux et ne cessera jamais de fonctionner dès lors que les rayures noires et blanches s'alterneront (du moins tant que le soleil brillera et que les lois de la physique existeront). Les zèbres bénéficient d'un autre avantage surprenant : ils ne sont pas attaqués par les moustiques. Les turbulences dans l'air au-dessus de la peau privent les moustiques d'une approche sûre. Des rayures noires et blanches pour éloigner les moustiques, une idée à essayer !

## Scarabées collecteurs d'eau

Le scarabée noir (*onymaris unguicularis*) qui vit dans le désert namibien n'est pas noir : il est intensément noir. Un véritable tableau de Pierre Soulages sur de toutes

petites pattes. Il réussit à avoir un meilleur point de rosée que les plantes endémiques en magnifiant sa conductivité thermique par une autre propriété physique : l'hydrophobie. De prime abord, on pourrait croire que la capacité d'un scarabée à repousser l'eau est aussi pertinente que la pose d'essuie-glace sur un sous-marin ! Il n'en est rien et c'est grâce aux analyses conduites par Andrew Parker au Royaume-Uni que nous pouvons le comprendre. Des gouttes microscopiques de rosée se forment dès l'apparition du soleil, ces microgouttes sont alors expulsées de la surface hydrophobe des ailes du scarabée, mais elles ne sont pas perdues, bien au contraire. Elles sont aspirées par des sortes de carrés hydrophiles positionnés au bord des ailes. La réaction entre ces surfaces hydrophobes et hydrophiles assure au scarabée du désert namibien une ration d'eau journalière amplement suffisante (y compris pour la « douche »).

Ce système de contrôle de l'eau et de la température est contre-intuitif : le noir crée la survie dans le climat le plus chaud et les surfaces hydrofuges assurent l'eau potable. Qui aurait pu l'imaginer ? Maintenant que nous le savons, il suffit de créer sur ces nouvelles bases. N'est-ce pas terriblement excitant ?

### Adhérences sophistiquées

Les geckos ne craignent pas les tempêtes. Ils restent imperturbables face à toute contrainte (ou presque), sans effort, accrochés à des surfaces sèches ou humides, lisses ou rugueuses. Le gecko utilise des forces électrostatiques connues sous le nom de liaisons de Van der Waals, du nom du savant néerlandais qui les a identifiées. Le jour viendra où des colles innovantes

inspirées des manipulations intramoléculaires du gecko viendront concurrencer le Velcro. D'ailleurs, saviez-vous que le Velcro est inspiré des crochets des bardanes, un autre moyen d'accrochage sans colle ? On peut même estimer que les geckos et les bardanes ont des solutions plus sophistiquées en matière d'accrochage que, par exemple, les moules. Les geckos et les bardanes utilisent d'abord la physique et « forcent » leur biologie à développer des cellules permettant d'atteindre la performance souhaitée.

Sautons du coq à l'âne, du gecko à la moule. En effet, les moules font elles aussi appel à la chimie. Les moules sont constamment brassées par les vagues. Pour cela, elles ont dû développer une colle résistante à l'eau avec une élasticité maximale qu'aucun ressac ne parvient à briser. Kaichang Li, de l'université de l'Oregon, aux États-Unis, a étudié longuement la « résine » dont se servent les moules afin de mettre au point des applications industrielles. La société Columbia Forest Products utilise ainsi des conclusions issues des travaux de Kaichang Li pour remplacer les colles à base de phénol-formaldéhyde utilisées pour fabriquer les panneaux de particules de bois. La qualité de l'air est grandement améliorée lorsqu'il n'y a pas de formaldéhyde dans les parages. Quand les industriels utilisent une « chimie verte » plutôt que des procédés toxiques, en s'inspirant des innovations de la Nature, les bénéfices ne sont pas seulement financiers, mais aussi environnementaux au bénéfice de la santé des occupants de l'immeuble.

Alors si nous admirons le gecko ou la bardane pour leur élégante maîtrise des lois de la physique, nous pouvons aussi remercier les moules, qui nous montrent comment éliminer les toxines dans nos écoles, nos maisons et nos bureaux.

## Vortex bactéricides

Il arrive aux animaux de se défendre par des solutions chimiques. On peut penser aux serpents venimeux, aux grenouilles urticantes, aux araignées venimeuses et aux champignons mortels. Remarquons que cette toxicité est pratiquement toujours dirigée contre d'autres espèces, rarement contre des membres de leur famille (à l'exception notable de l'araignée veuve noire). Toutefois, avant d'avoir recours à une forme de chimie mortelle, chimie qui présente des risques mutagènes ou cancérogènes, les espèces vivantes vont d'abord essayer d'utiliser les forces physiques.

Pour mieux me faire comprendre, permettez-moi de vous poser cette question : comment font les rivières pour se nettoyer ? Elles combinent la physique et les besoins en nourriture de deux familles de bactéries différentes. Le mouvement perpétuel d'une rivière génère une succession ininterrompue de tourbillons. Un vortex de ce type augmente la pression en son centre de telle sorte que cette nano-dépression réussit à briser les membranes des bactéries. Les bactéries deviennent alors *prêtes à être consommées* pour d'autres espèces. Ces aliments mélangés à de micro-poches d'oxygène enrichi permettent aux bactéries et aux micro-algues de minéraliser rapidement et efficacement l'excès de biomasse. En parallèle, ce mouvement continu entre zones riches en oxygène et zones dépourvues d'air empêche la prolifération de bactéries toxiques.

Le pouvoir d'un vortex d'origine aquatique, en « conflit » avec les lois de gravitation, est un phénomène parmi les plus impressionnants à étudier. En continuant à observer les rivières, on tombe sur quelques mystères.

A-t-on déjà vu des rivières couler en ligne droite ? Curieusement, nous concevons toujours nos canaux avec des angles droits. Pourtant, le célèbre artiste et architecte viennois Friedensreich Hundertwasser (qui n'était pas le dernier à s'inspirer de la Nature avant de peindre et construire) nous a mis en garde au siècle dernier : « La ligne droite rigide est fondamentalement étrangère à l'humanité, à la vie et à toute la création. » Viktor Schauberger, un génial inventeur autrichien à l'origine des technologies d'implosion, a passé une large partie de sa carrière comme forestier. Dans les torrents, il a observé que les tourbillons verticaux et horizontaux des vortex provoquaient le dépôt des déchets solides au centre du lit des rivières, tout en érodant les roches et les limons des rives. Une de ses premières inventions fut un système pour le transport des troncs qui épousait les courbes d'une rivière afin d'éviter des blocages. Les rivières droites accumulent les sédiments, les cours d'eau tortueux créent une eau propre !

Les inventeurs suédois Curt Hallberg et Morten Oveson ont mis au point un modèle mathématique non-linéaire qui simule la puissance d'un vortex prédictible. En multipliant les vortex on pourrait remplacer les systèmes de dépollution chimique par des solutions physiques. Développer d'une part notre connaissance de la géométrie des vortex, et d'autre part en maximiser le potentiel d'économie d'énergie résultant de leur utilisation, c'est ouvrir un champ d'application infini. Mieux encore, en combinant les leçons apprises du scarabée du désert namibien en matière d'interactions hydrophobes et hydrophiles, on pourrait même récupérer de l'eau au sommet des bâtiments. Pour alimenter les étages inférieurs, l'eau n'aurait alors plus qu'à suivre une loi physique bien connue : la gravitation.

Avec une technologie inspirée des vortex, l'eau usée du dixième étage s'autonettoie et pourrait être utilisée deux étages plus bas. Cela réduirait le gaspillage d'eau d'un facteur de 5 à 10.

Une première application industrielle du vortex, dans laquelle la chimie est remplacée par les lois de la physique, ce sont les chaudières d'eau douce, exigées par tout usage industriel afin d'éviter un dépôt calcaire dans les tuyaux. La norme du marché est l'installation d'un procédé chimique pour éliminer les particules solides. Curt et Morten ont imaginé une tout autre approche : le tourbillon augmente la pression sur les particules qui se solidifient et ne se déposent plus sur les surfaces. Mieux encore, la force du tourbillon les rend abrasives et nettoie les tuyaux, ce qui est impossible avec n'importe quel produit chimique sans risque pour les tuyaux.

## Méthodes naturelles anti-feu et anti-flammes

Il fut un temps où l'amiante était apprécié. Excellente matière en termes d'isolation, c'est également une fibre non inflammable d'origine minérale, naturelle. Malheureusement, il s'agit d'un produit cancérigène. Pourtant, on peut être surpris d'apprendre qu'après des années d'accumulation de rapports médicaux et scientifiques non-équivoques, l'amiante demeure disponible. Plus grave (et surprenant !) encore, le Canada, un pays qui pourtant s'enorgueillit d'une approche volontariste en matière de développement durable, continue d'autoriser l'exploitation minière de l'amiante pour l'exportation.

En Europe et aux États-Unis, l'usage de l'amiante est devenu extrêmement encadré. Quelques procès avec des

condamnations à des amendes se chiffrant en millards de dollars ont limité l'appétit des industriels pour ce produit. Or, les demandes et les contraintes réglementaires ou législatives pour des produits non inflammables n'ont pas diminué (par exemple, dans les vêtements, les sièges automobiles, les avions, les équipements de bureau, etc.). La « quête » de produits diminuant ou annihilant les risques d'incendies à partir d'un mégot de cigarette ou d'une bougie a favorisé le développement de solutions chimiques à base d'halogène ou de brome. Ces retardateurs de feu fonctionnent... mais sont eux aussi cancérigènes.

Pour des raisons encore inconnues, il se trouve que de trop nombreux mammifères arctiques accumulent dans leurs tissus et leur graisse ces produits anti-feu. La route de leur propagation jusque dans cette zone éloignée demeure inconnue. Puisqu'on ne sait pas comment ces animaux sont contaminés, il n'y a donc pas de responsable. Dans le monde entier, les industriels continuent de produire et de développer ce type d'anti-feu ! Combien de temps encore les consommateurs vont-ils ignorer le drame qui a lieu en Arctique du fait des halogènes et du brome qui perturbent le système reproductif des animaux ? Pourtant, les scientifiques en sont aux spéculations sur la cause la plus probable de la disparition de l'ours polaire. Cette espèce va-t-elle s'éteindre à cause d'une stérilité d'origine chimique ou du fait du réchauffement climatique ?

Matt Nilsson, un chercheur de la société suédoise Trulstech Innovation, a mis au point une gamme de gels et de poudres à base d'ingrédients alimentaires de grande consommation qu'il désigne sous le nom de « mangeurs de chaleur moléculaire[1] ». Les produits

1. *Molecular Heat Eaters.*

sont commercialisés en Europe par la société Deflamo, basée à Malmö. Notre corps a une propension naturelle à gérer la chaleur et l'oxygène : lorsque nous sommes en présence d'une source de chaleur intense et d'oxygène, nous ne prenons pas feu ! Ce phénomène, connu sous le nom de Cycle de Krebs[1] est bien maîtrisé. C'est une substitution idéale : remplacer des composés chimiques cancérigènes par des produits inoffensifs, naturels, disponibles et bon marché. Plus besoin de choisir entre une mort rapide par le feu ou une mort lente par le cancer ! Les molécules développées par Nilsson sont obtenues à partir de marc de raisin ou de zestes de citron. Dans les deux cas il s'agit de déchets induits par une autre production (vin ou jus de fruit). C'est donc une solution parfaitement dans l'esprit de l'économie bleue : les technologies mises au point par Nilsson permettent de résoudre des problèmes écologiques immenses et ne se basent que sur des déchets.

Quand des incendies sauvages dévastent les forêts de Californie ou du Colorado, le service américain des forêts déverse des tonnes de produits chimiques par avion par manque d'eau. Il serait possible de couvrir les zones touchées par des produits anti-feux de grade alimentaire. Cette même technologie pourrait aussi être utilisée par l'industrie minière afin de réduire les risques d'explosions souterraines. Les concentrations de méthane dans les conduits en font des zones risquées où la moindre étincelle est un danger mortel. En conséquence, les

1. Le Cycle de Krebs est une série de réactions biochimiques dont la finalité est de produire des intermédiaires énergétiques qui serviront à la production d'Adénozine triphosphate. Il s'agit d'un cycle car le dernier métabolite, l'acide oxaloacétique, est aussi impliqué dans la première réaction.

équipements miniers sont fabriqués avec des alliages de nickel ou de cobalt, afin de réduire les risques d'étincelle ! En utilisant les conduits d'aération pour vaporiser des anti-feux de grade alimentaire on pourrait non seulement diminuer le risque d'explosion mais aussi la demande en cobalt et en nickel (et donc tous les problèmes associés à leur extraction minière).

## Trouver des solutions

Les futures industries à succès vont devoir chercher des solutions innovantes et, dans la philosophie de l'économie bleue, plutôt dans la physique que dans la chimie. Reconnaissons quand même que les 100 000 molécules synthétiques dont la grande majorité ne se dégrade pas dans le sol, le soleil et l'eau sont source de maints problèmes de contamination dans les océans et sur terre. Les efforts pour une chimie verte ou une biologie responsable sont des buts louables, mais jamais les résultats obtenus ne seront aussi propres que ce que la physique permet. Les exemples qui précèdent en sont la preuve. Par ailleurs, le monde de la finance privilégie la rapidité et un accès facilité aux marchés. L'économie bleue intègre cette dimension dans sa philosophie et s'inspire de la physique où il n'y a pas d'exceptions à la règle. La Nature elle-même nous montre comment elle tente de toujours simplifier la vie, et exploite chaque opportunité pour « éliminer » la chimie. Rien que dans le domaine de la construction, les pistes évoquées dans ce livre pourraient avoir un impact certain.

L'économie bleue permet d'aller plus loin que l'efficience seule avec des retours sur investissements

meilleurs. Plutôt que de brider le business (pour le dire vite), ces alternatives ont le potentiel de le renforcer. En effet, aucune ressource n'est laissée à l'état de déchets. Il ne s'agit pas seulement de résoudre les problèmes environnementaux actuels, mais aussi de réussir des paris économiques rentables pour les entrepreneurs. En créant les opportunités permettant de résoudre nos besoins vitaux (eau, nourriture, santé, habitat, énergie), nous pourrons aussi fonder une économie bleue. Les idées de ce livre, de la gestion de la rosée à la maîtrise des couleurs opposées en passant par la conductivité, sont autant de pistes à explorer pour une nouvelle réalité. La croissance de l'économie a trop longtemps reposé sur plus de consommation et plus d'investissements. Ici, nous voulons que la réduction de la consommation (du gaspillage, devrais-je dire), voire la substitution de la chimie par la physique soient le stimulus d'une nouvelle croissance.

# 5

# Pourquoi les multinationales n'y arriveront pas

L'économie bleue que nous développons depuis vingt-cinq ans n'est pas une utopie. Nous ne sommes pas dans l'irréaliste, dans le nébuleux. L'une des idées que je tiens à faire passer au plus grand monde revient à ceci : l'économie bleue n'est pas une accumulation de propositions pleines d'espoir mais irréalistes, comme ont pu l'être celles de l'économie verte. Pour commencer, l'économie bleue ne vise pas à sortir du capitalisme ou du libre-échange. Elle tient à pointer les disfonctionnements du capitalisme financier qui ne profite qu'à quelques groupes d'individus. Nous pensons que le capitalisme peut se révéler intéressant pour tous, y compris les 100 millions d'espèces vivantes avec lesquelles nous partageons cette terre ; mais pour que ce soit le cas, il faut faire confiance à nos forces créatrices, à la puissance de notre imagination et surtout être disposé à changer de modèle commercial. Ce chapitre présentera les changements de mentalité indispensables que nous devrons adopter collectivement pour que le système fonctionne indiscutablement mieux et au plus vite.

Fin 2016, les innovations présentées dans mon rapport au Club de Rome, *Économie bleue*, ont permis la création de plus de trois millions d'emplois. Même si cela est encourageant, ce n'est encore qu'une goutte d'eau dans un monde qui a besoin d'un océan de nouveaux emplois. Alors que le renflouement d'industries (presque) défuntes et d'institutions financières ne peut être vu que comme de l'argent jeté par les fenêtres, l'investissement dans des innovations pourrait avoir l'effet catalytique dont l'économie mondiale a grandement besoin, au bénéfice de tout le monde.

Une crise est un moment rare de liberté pour innover et une occasion prodigieuse pour les activités à forte croissance répondant à des besoins fondamentaux. Lorsque tout va bien, que tout fonctionne comme d'habitude, personne n'est poussé à agir, à imaginer mieux. Les projets que nous envisageons sont une opportunité qui ne se présentera qu'une fois et qui pourra réorienter notre économie. Dans les centres urbains, les zones rurales ou les friches industrielles, dans les pays du Nord et du Sud, dans les régions de l'Ouest et de l'Est, nous avons une chance d'introduire des innovations et des modèles économiques qui satisfassent mieux notre économie et nos communautés que deux cents ans de progrès industriels. Je n'exagère pas ! Pour les seuls deux derniers mois de l'année 2008, la crise mondiale financière a détruit environ cinquante millions d'emplois dans les pays émergents. L'Organisation internationale du travail (OIT) estime que le nombre de « travailleurs pauvres » pourrait atteindre en 2020 au moins 1,4 milliard, soit près de la moitié de la population active des pays émergents. Les Grecs et les Espagnols peuvent-ils tolérer que plus de 50 % de leurs concitoyens âgés de moins de 26 ans soient

au chômage ? Même si la croissance économique revenait et perdurait pendant des années, le modèle actuel ne pourrait pas absorber un tel capital humain sans compter l'arrivée de la robotique, de la blockchain et de l'Internet des objets. Comment pouvons-nous tolérer une telle perversion du système économique ? Comment pouvons-nous supporter une telle perte de potentiel humain ? C'est avec un sentiment d'urgence que nous devons nous concentrer sur des solutions une différence pour de nombreuses vies humaines, voire assurer la survie de la majorité de la biodiversité. La réalisation de la « sécurité de subsistance » décrite dans les objectifs du développement durable veut dire que tous les êtres humains auront de la nourriture, un abri, du confort et pourront subvenir à leurs familles et exercer un métier avec dignité et satisfaction. Les innovations qui imitent l'effet « cascade » de la Nature sont une invitation à un futur meilleur et plus sûr, prospère et diversifié. Le potentiel d'emplois à créer peut se compter en millions. La transformation radicale du modèle économique, c'est maintenant.

## Nouvelles possibilités, nouvelles perspectives

On pourrait comparer les récents bouleversements économiques qui se sont emparés du monde avec ce que la Nature subit lors d'éruptions volcaniques ou de tornades. Ces désastres naturels sèment la destruction et causent de tragiques pertes humaines et matérielles, mais ils sont aussi un rappel de la douceur et du confort des conditions normales. Ce sont les exceptions qui confirment la règle. Par ailleurs, de telles exceptions perturbent à l'extrême le système, mais stimulent aussi

un tropisme vers de nouvelles possibilités et de nouvelles solutions qui auparavant ne paraissaient pas aller de soi. Nous prétendons que le mauvais temps passe, et la tranquilité revient. Rien n'est aussi faux que cette confiance que l'on garde si l'on n'est pas porté à changer ses habitudes.

En termes économiques, quand une perturbation survient à un niveau si fondamental, une voie complètement nouvelle devient accessible au marché. Les innovations qui imitent l'effet « cascade » de la Nature et utilisent les lois de la physique ont une chance de réussir parce qu'elles ne jouent pas avec les règles habituelles. C'est la raison pour laquelle, aujourd'hui, plus qu'à n'importe quel autre moment de notre histoire récente, nous avons la possibilité de générer plusieurs millions d'emplois en tournant le dos à la pénurie, la pollution et le gaspillage. Actuellement, l'utilisation de ressources non renouvelables est une grande faiblesse de nos civilisations – une faiblesse impardonable. Mais l'utilisation de matériaux toxiques est une faiblesse plus grande encore. Ce n'est pas juste une erreur, ce sont des dommages permanents qu'il faut corriger immédiatement. Le fait qu'aucune variété de plastiques ne se décompose dans la terre ou la mer est tout simplement inexcusable. Ne pas utiliser ou détruire tout ce qui n'est pas ressources primaires est une immense déficience, ainsi qu'une perte d'opportunités !

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux académiciens éloquents, universitaires éminents et dirigeants passionnés ont donné d'innombrables conférences et présenté un nombre impressionnant de percées technologiques. Introduits par différents chercheurs sous divers noms, des exemples de « technologies naturelles » ont été mis en avant partout dans le monde. Dès que les

premières sensibilisations de cette technologie naturelle ont atteint une certaine notoriété internationale, des investissements ont été alloués pour étudier les innovations pouvant conduire au vrai développement durable. Les médias rapportent ces innovations en les mettant en scène grâce à de magnifiques images et des films capables de capter un public large, avide de découvrir les prochaines performances fascinantes et difficilement imaginables de la faune ou de la flore.

Et pourtant, les dirigeants des grands groupes demeurent dubitatifs. À de rares exceptions, les plus grandes sociétés peinent à adopter ou à promouvoir ces technologies. Ils montrent davantage d'intérêt pour les OGM, la manipulation génétique, la robotique, ou encore les crypto-monnaies, une des seules possibilités d'éviter toute sorte d'impôts. Les entreprises industrielles ne mobilisent pas ou peu de moyens pour se tenir informées. Certains dirigeants d'entreprises ont pourtant assisté aux présentations décrivant ces merveilleuses opportunités et ont affiché un bel enthousiasme... Mais de retour à leur bureau ils ont continué de travailler comme d'habitude. Au Comité d'experts de l'ex-vice-président américain Al Gore sur les solutions pour le changement climatique qui s'est tenu à New York en janvier 2008, il était courant d'entendre dire que, même si le capital-risque s'orientait vers les technologies naturelles, la plupart des innovations proposées étaient tout simplement « trop originales pour obtenir une validation sur le terrain ». Peut-être est-ce vrai car, même si ces innovations ont la capacité de modifier le modèle économique actuel, les experts les ont refusées ou ont été incapables de s'adapter.

Si nous sommes sérieux dans la mise en place d'un nouveau modèle économique s'inspirant pleinement

des solutions naturelles éprouvées et façonnées par le temps, alors il n'est sans doute pas suffisant d'assister à des conférences, de lire des comptes rendus ou de regarder des documentaires savants sur Arte, BBC Earth ou Netflix. Il reste un obstacle majeur qui doit être surmonté pour passer de la parole à l'action. Il faut démontrer que ces innovations affichent une vraie compétitivité et un positionnement stratégique hors du commun. Il faut montrer qu'en partant de découvertes simples et de compréhensions scientifiques, il est possible de remplacer les modèles de consommation et de production actuels malsains et irrationnels par d'autres modèles meilleurs.

Nous risquons de voir nos enfants être confrontés aux mêmes erreurs que celles que nous avons commises : des conflits armés, des violations des droits de l'homme, des famines et une pauvreté endémique. Il y a un impérieux besoin d'encourager la liberté d'améliorer, de repenser et de ré-imaginer, la liberté de trouver des solutions justes, équitables et structurantes, en rupture avec les petites adaptations qui nous sont présentées comme des révolutions. Qu'elle soit bien peignée dans les écoles chics de Manhattan ou marquée par la crasse et les difficultés dans les favelas d'Équateur, la nouvelle génération trouvera son inspiration dans les exemples de la Nature qui nous entoure ; passionnée et engagée, cette nouvelle génération est prête à changer. Pourquoi nos chefs d'entreprises manquent-ils d'inspiration ? N'y a-t-il pas assez d'entrepreneurs pour transformer notre système économique afin que nous puissions aller au-delà du comportement de consommation et d'épuisement des ressources à notre disposition ? Est-ce que les entreprises et le monde de la finance vont vraiment rester dans l'inaction et accepter sans bouger

l'augmentation de la température de la terre de deux degrés, l'acidification des océans et la destruction sans pareil de la biodiversité ?

Certes, la richesse des innovations qui se présentent à nous nous pousse réellement à cet urgent besoin de changement économique hors du commun.

Imaginez une économie sans risques de pénurie.

Imaginez une économie qui évolue vers la suffisance, où les moments de crise nous mènent à l'abondance.

Imaginez une économie où la règle serait de mettre en place des moyens toujours plus créatifs pour stimuler l'innovation.

Imaginez une économie qui encourage les nouvelles générations à dépasser ce que leurs parents ont réussi – plus loin et mieux encore que ne pouvaient l'imaginer leurs parents.

## Penser hors du cadre[1]

En suivant la voie que nous indiquons depuis plusieurs années dans le cadre de nos travaux en réseau avec des scientifiques et des entrepreneurs, les nouvelles possibilités de création d'emplois émergeront de l'« écofacture » et non de la « manufacture ». Les nouvelles industries en développement suivront des règles et des processus se conformant aux règles physiques suivies par la Nature. Les produits chimiques agressifs, les alliages métalliques, les plastiques qui ne dégradent peu, voire jamais, et les matériaux polluants seront remplacés par des solutions issues de la physique. Les

1. Traduction du concept américain de *thinking out of the box*, littéralement « penser en dehors de la boîte » (NdT).

déchets vont devenir une ressource. Les matériaux disponibles localement vont être incorporés dans le flux des matières premières. Les normes du marché vont être transformées, et des idées créatives prendront le pas sur le *statu quo* dominant, le *business as usual* toujours répété.

Aujourd'hui de nombreuses entreprises fonctionnent selon les doctrines enseignées dans les écoles de gestion qui n'encouragent pas à penser « en dehors du cadre ». Il s'agit d'un modèle qui s'articule autour des cinq principes de gestion décrits ci-après. Ces principes peuvent être un obstacle au progrès et même un frein à un modèle alternatif permettant de fournir les moyens nécessaires aux besoins essentiels de notre temps. Notre défi n'est pas seulement de « sortir du cadre », mais aussi de trouver un moyen de composer avec les principes de gestion actuellement en place, tout en remplaçant les limites anciennes par de nouvelles opportunités.

Tout au début de ma carrière professionelle, j'ai demandé à Soichiro Honda, le fondateur de Honda Motor Company, s'il avait déjà analysé les forces et faiblesse de sa propre entreprise et de celles de ses concurrents – le « SWOTS[1] » – pour savoir s'il devait évoluer de la fabrication des motos vers celle des automobiles. Honda répondit : « Si notre équipe avait exécuté une étude de SWOTS, nous ne nous serions jamais aventurés dans le secteur de l'automobile. » Puis il a rapidement ajouté : « J'ai simplement établi une liste des faiblesses des principaux constructeurs automobiles mondiaux – et la liste fut assez longue. »

1. SWOTS, Strengths and Weaknesses, Opportunities and Threats – forces et faiblesses, opportunités et dangers.

## Principe à changer n° 1 : le dogme du cœur de métier

Les nouveaux diplômés d'écoles de commerce appliquent un axiome selon lequel toute initiative doit répondre à une analyse commerciale approfondie, être documentée par des comptes rendus détaillés et nécessite une planification de la stratégie claire expliquant comment réussir et comment parer la réaction de la concurrence. Les dirigeants d'entreprise et les managers sont formés et s'attendent à travailler dans des domaines bien définis qui ont des paramètres clairs à satisfaire pour atteindre le succès. Si une entreprise n'est pas compétitive, alors elle n'est pas viable. Une part du marché est définie comme un achat à répétition, un produit qui offre un rapport qualité/prix perçu comme idéal. Cependant, une fois en place, ce modèle n'accueille pas favorablement le changement et va jusqu'à justifier les dégâts collatéraux faits à l'environnement et même à la société pour maintenir la position acquise. Cette approche, qui feint d'ignorer ses œillères, peut même finir par couper les managers de certaines pratiques éthiques et aboutir à une morale discutable : une entreprise conclut assez souvent que faire *moins mauvais* équivaut à *faire bien.*

Les concepts de cœur de métier et de cœur de compétences dominent les principes de gestion depuis un demi-siècle. Quand une nouvelle approche émerge mais sort du cœur de compétences, il est alors extrêmement difficile pour les cadres des entreprises de l'accepter. En outre, une nouvelle technologie ne peut être lancée que si elle appartient au cœur de compétences ! Même si une entreprise leader sur son marché est persuadée

qu'une nouvelle technologie va permettre des gains en compétitivité ou en part de marché, il n'y a pas de garantie que cette technologie sera approuvée par les équipes de développement. Ces nouveaux domaines sont souvent ciblés par des entrepreneurs qui ne font pas partie de ces « leaders du marché ». Les changements de plate-forme technologique et le besoin de nouvelles compétences sont les vraies opportunités pour des entreprises « start-up » qui n'ont pas besoin de l'expérience des industries précédentes.

Prenons le cas du stimulateur cardiaque ou *pacemaker*. Depuis soixante ans, cet appareil médical est implanté chirurgicalement pour régler les irrégularités du rythme cardiaque. Le stimulateur cardiaque est alimenté par une pile située près de la clavicule. Notre mode de vie stressant rend presque certain que des millions de stimulateurs cardiaques (chacun d'un coût minimal de 50 000 euros) seront à l'avenir nécessaires chaque année. Tandis que tout le monde essaie de développer de meilleures piles, la prochaine génération de stimulateurs cardiaques n'aura pas besoin de chirurgie ni de piles, comme la Nature qui n'a pas besoin de batteries pour maintenir le flux énergétique. Le coût de cette nouvelle technologie sera inférieur à 500 euros ! Basée sur l'introduction de nanotubes conducteurs en céramique (qui ne valent qu'une poignée d'euros) amenant du courant électrique des tissus sains vers les zones abîmées du cœur, elle dérive de l'étude des canaux des cellules qui fournissent la conductivité autour et au travers du cœur d'une baleine – encore du biomimétisme ! C'est une base de connaissances qui est inconnue des fabricants de stimulateurs cardiaques. Aucune société de technologie médicale traditionnelle n'a les connaissances fondamentales nécessaires pour se lancer dans

une nouvelle entreprise fondée sur cette technologie de rupture. Cette innovation exige un conducteur (tube en carbone), des capacités de communication, une source d'énergie naturelle et la connaissance du design de puces électroniques. Un tel ré-*engineering* serait un véritable saut dans l'inconnu, si « angoissant » pour les leaders du marché qu'ils seront peu enclins à investir. Cette technologie de rupture nécessite de nouveaux personnels, de nouveaux composants, de même qu'une nouvelle organisation, ce qui est comparable à la création d'un nouveau département au sein de l'entreprise. Mais le plus difficile reste d'adopter une approche innovante qui risque de potentiellement détériorer des flux de revenus en place, élevés et confortables.

Qui s'aventurerait dans l'inconnu, plus particulièrement pendant une période de récession ou d'insécurité ? Des géants de l'industrie comme Medtronic ou Boston Scientific ne sont pas disposés à montrer la voie. Quand un dirigeant d'entreprise a pris la décision d'acquérir, à grands frais, un gadget basé sur une technologie éprouvée avec un potentiel de revenus garantis, pourquoi se lancerait-il dans le financement de la recherche ou l'approbation d'un investissement risqué ? Qui accélérerait ce changement vers une approche non chirurgicale alors que les revenus générés ne seraient qu'une infime fraction des flux d'argent que chaque opération déclenche pour l'ensemble des acteurs du système médical, y compris les chirurgiens, les anesthésistes, les sociétés pharmaceutiques et les fabricants de piles ?

La réponse est évidente : quelqu'un qui n'a pas encore sa part du gâteau. Cela crée un verrouillage technologique et institutionnel, bloquant l'entrée sur le marché aux innovations réelles. Pourtant, le bien-être des patients et la baisse des coûts d'assurance ne bénéficient pas de ces

blocages. En 2016, le docteur Jorge eynolds, en parfait *outsider*, a réussi à implanter vingt-huit prototypes sur des chiens sous le contrôle de la société Boston Scientific. En 2018, Mayo Clinic, hôpital renommé, introduisait le système sans anesthésie dans un patient. Le succès de la première intervention poussa les cardiologues à réitérer l'expérience. Une avancée prodigieuse, trente-huit ans après la formulation de la première hypothèse fondée sur une analyse approfondie du fonctionnement des baleines. Un jour prochain, un nano-stimulateur sera inséré dans le cœur de tous les patients. C'est une tentative révolutionnaire pour ouvrir l'esprit des plus grandes sociétés d'instrumentation scientifique qui couvrira au moins un demi-siècle.

### Principe à changer n° 2 : la prééminence de la chaîne logistique

La gestion de la chaîne logistique implique la surveillance des matériaux, des transactions financières et, bien évidemment, de la livraison du produit au client final, que ce soit au cours de sa récolte, de sa fabrication ou de sa consommation. Même lorsqu'un leader sur son marché est convaincu qu'une nouvelle technologie est une opportunité pour gagner en avantage concurrentiel ou des parts de marché, cela ne veut pas dire que le développement de cette innovation sera approuvé. En effet, il devra aussi adapter son système de fabrication et de distribution. Les équipes de recherche et développement – R&D – doivent d'abord s'assurer que leurs idées conviendront (pour ne pas dire plairont) aux équipes de production et de commercialisation.

De nombreuses activités en entreprise doivent converger pour favoriser l'apparition de nouvelles technologies et de portefeuilles de produits. L'absence d'un engagement commun à tous les départements, y compris la finance, la chaîne logistique et le marketing, risque de déclencher des conflits ouverts ou larvés liés à des intérêts personnels (des plans de carrière aux primes de fin d'année), mais aussi aux politiques d'entreprise telles que les règles d'amortissement, les contraintes fiscales ou les objectifs trimestriels. Bref, les raisons de ne pas changer de façons de faire ne manquent pas. Développer des parts de marché est toujours un défi qui exige de grands efforts et de la persévérance.

Considérons le cas des vaccins qui nécessitent une impérative chaîne du froid, de la production au transport, de la livraison au stockage et jusqu'à la distribution à l'établissement médical. La chaîne logistique s'appuie sur un contrôle strict de la température. Si un élément de cette chaîne est défaillant, alors tous les vaccins devront être jetés et remplacés. Dans les pays en développement, où l'accès à la réfrigération repose souvent sur une alimentation électrique irrégulière, cela peut être problématique. La solution retenue est d'investir dans une réfrigération provenant de l'énergie solaire ou du propane. Pourtant, d'autres solutions existent. Une technologie thermo-stabilisante comme celle inspirée de la fougère polypode polypodioïde (*pleopeltis polypodioides*) ou d'un invertébré microscopique, le tardigrade (ou ourson d'eau), a été développée par Bruce Roser au sein des entreprises Biostability et StablePharma. Elle offre un système de lyophilisation inspirée des tardigrades pour préserver les vaccins, même dans des rayonnages à température ambiante. Pourquoi passer à côté de ces découvertes formidables ?

Les retardateurs de feu de Mats Nilsson fabriqués avec des ingrédients naturels (et commercialisés par Deflamo) sont maintenant utilisés pour la production de panneaux de particules (pour les habitations ou les meubles), de mousses polyuréthanes (utilisées dans les voitures et les maisons), de fibres de moquette (pour les bureaux, les maisons ou les avions). Et il existe des centaines d'autres applications qui attendent d'être développées. Même si la société de Mats Nilsson peut offrir ces produits chimiques non toxiques, sous forme de gel ou de poudre, la formulation avec les matériaux à traiter nécessite quelques ajustements mineurs pour chaque application. Cette mise au point demande du temps, des savoir-faire et de l'argent. Le traitement de matériaux aussi variés que le latex, le nylon ou la cellulose nécessite une compréhension détaillée du moyen de créer des liens entre les retardateurs de feu de qualité alimentaire et les procédés actuels de fabrication. Le manque d'investissement majeur a compromis les capacités de Nilsson à compléter les recherches nécessaires pour pouvoir spécifier les collages de chaque matériau et le processus requis. Devons-nous attendre des décennies avant que les halogènes et les composés bromés soient remplacés par des molécules inspirées des Cycles de Krebs ? Une préférence claire exprimée par les consommateurs encouragerait peut-être les plus grands producteurs du monde à tester, approuver et utiliser ces produits. On peut espérer que des entreprises comme Albemarle, Chematur ou BASF seront bientôt prêtes à tenter l'aventure vers un monde sain et sauf ! Malheureusement, les entreprises mentionnées ne sont guère motivées par cette opportunité, déclarant la nouvelle technologie « non-prouvée ».

**Principe à changer n° 3 :**
**le règne de l'externalisation (ou la sous-traitance)**

Les innovations qui réussissent à répondre aux exigences du cœur de métier et de la chaîne logistique devront également pouvoir s'intégrer avec le principe d'externalisation. L'externalisation est le processus de sous-traitance à des sociétés tierces afin que la direction du donneur d'ordre puisse consacrer du temps, du personnel et des ressources à ses compétences de base.

L'innovation, dans ces conditions, nécessitera plus que le simple fait d'être adoptée par la direction de l'entreprise. L'entreprise devra agir comme agent de changement pour l'ensemble de ses fournisseurs et de ses sous-traitants. Si Daiwa House, le plus grand constructeur de maisons du Japon, décidait de remplacer les produits chimiques ignifuges qu'il utilise actuellement, il faudrait développer et tester des variations de produits distincts pour chaque domaine d'application, obtenir l'approbation par des organismes de réglementation de l'industrie, déterminer de nouvelles normes d'adoption et coordonner les procédures de plus de six cents sous-traitants et fournisseurs. Il est évident que ce serait là une tâche considérable. Malheureusement, en période de ralentissement économique, lorsque l'innovation ne va pas générer de ventes additionnelles mais « seulement » contribuer à une amélioration de la qualité de l'air, les managers ont beau jeu de choisir d'autres priorités telles que la défense des parts de marché ou l'amélioration de la trésorerie. Une volonté impérieuse de changement reposera sur une attention plus forte aux questions de santé publique et d'environnement plutôt qu'aux principes de gestion traditionnels.

Quand l'entreprise Novamont développa l'acide pélargonique dans son effort de valoriser les chardons, un substitut idéal aux glyphosates, naturel, transformé sans chimie dure, elle fut obligée de tester toutes les applications possibles dans tous les pays membres de l'Union. Alors que les industriels utilisant du glyphosate avaient carte blanche chez les 27, Novamont devait déposer une demande pour les pommes de terre en Belgique, des vignes en France, des pommes et des poires en Italie... Évidemment, la formulation des ingrédients actifs est faite localement et les délais d'homologation prennent cinq à six ans. Quelle sera la situation en 2022 quand la validation de l'usage de glyphosate sera de nouveau étudiée ? Elle sera obtenue car les défenseurs de cette chimie qualifiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de nuisible pour la santé vont argumenter qu'il n'existe pas de substitut disponible sur le marché, et un permis pour tous les pays et toutes les applications sera accordé. Ne trouvez-vous pas frustrant ce manque total de *leadership* et cette soumission à la bureaucratie pour préserver à tout prix le *status quo* ?

## Principe à changer n° 4 : la primauté de la trésorerie

Même si de nouveaux produits peuvent réduire les coûts en économisant de l'argent et de l'énergie, tout en protégeant l'environnement grâce à des permis et des homologations, ils ne vont pas automatiquement, ni rapidement, déclencher des ventes. Dans le cours normal des affaires, l'amélioration des marges est une bonne nouvelle car cela augmente la trésorerie et donc

la capacité à financer de nouveaux investissements. Mais la place dans nos placards et sur nos étagères est limitée et les produits de consommation vont devoir lutter pour gagner nos faveurs (qui ne dureront pas) à coups de publicité et de plans marketing, ce qui va « siphonner » le « cash ». En temps de crise, les géants de l'industrie ont tendance à réduire le nombre de produits offerts pour privilégier ceux qui tournent le plus rapidement, pas forcément ceux qui proposent les meilleures marges. Le *cash-flow* généré par un produit à forte rotation avec une marge de 5 % est plus important que celui d'un produit ayant une marge de 50 % dont les ventes sont épisodiques. La théorie du « juste à l'heure » vise à éliminer les produits du stock, ce qui est une autre façon d'améliorer la trésorerie (il n'y a alors plus de stock à financer). C'est pourquoi les produits à forte rotation, idéalement avec des ventes quotidiennes, seront toujours préférables aux yeux des acheteurs, des investisseurs et des actionnaires.

Une autre conséquence dramatique de la crise financière est la difficulté accrue pour obtenir des crédits. Les banques ne prêtent de l'argent qu'aux entreprises qui n'en ont pas un réel besoin. Une technologie comme celle de Watreco, basée sur l'utilisation des vortex pour éliminer l'air de l'eau, et les adoucissants chimiques et qui réduit la consommation d'énergie de 10 à 20 %, a peu de chances d'être retenue en temps de crise car trop d'années seraient nécessaires pour rembourser les sommes à investir. Même les innovations permettant une réduction des coûts énergétiques de 20 à 30 % auront du mal à être financées dans ces périodes difficiles. L'idée même qu'une économie immédiate dans les coûts de fabrication puisse financer un nouvel investissement est inacceptable. Les innovations doivent offrir

plus que des économies : les managers actuels ne croient que dans ce qui va générer de nouvelles ventes ! Les sociétés leaders ne se lancent dans les investissements nécessaires que lorsque des revenus supplémentaires beaucoup plus élevés peuvent être assurés, dépassant les flux de trésorerie existants et garantis. Sinon, à quoi bon risquer des revenus existants pour des innovations menant au même résultat ?

### Principe à changer n° 5 : l'effet d'éviction

Quand les départements stratégie, logistique et financier d'une entreprise valident une innovation, il reste à convaincre le marketing. Les inventeurs et innovateurs doivent développer une proposition de vente unique pour un produit prêt à l'emploi s'intégrant facilement dans le catalogue et véhiculant une « histoire » aux consommateurs potentiels. Or, en réalité, dans un environnement où domine la notion de pénurie potentielle, tout le monde intervient sur des marchés déjà saturés. Notre quotidien est parfaitement décrit par l'expression « l'embarras du choix ». Avec tant d'alternatives, le succès n'est pas garanti, même si un nouveau produit est meilleur et moins cher. La première difficulté consiste à attirer l'attention du consommateur ; la suivante est de le convaincre d'acheter. En conséquence, les leaders sur un marché pratiquent l'effet d'éviction (*crowding out*, en anglais) : la mise à disposition d'un produit similaire avec des variations mineures. L'idée est de donner le sentiment aux consommateurs qu'ils ont enfin exactement ce dont ils ont besoin. Cela ne laisse pas beaucoup de place pour les produits vraiment innovants.

Les biens et services sont normalisés ; la production et la distribution, rationalisées et simplifiées. On réduit la diversité à des astuces de marketing et au design des emballages (ce qu'il y dans le paquet est presque partout le même). Il n'y a, en vérité, qu'un seul type de moteur diesel sur le marché européen. Celui-ci est utilisé par une douzaine de fabricants de voitures. Les moteurs électriques pour les appareils ménagers sont presque identiques partout dans le monde. Les procédés de fabrication sont concentrés entre les mains de quelques groupes qui s'astreignent à atteindre les fameuses économies d'échelle (c'est-à-dire produire plus à un coût marginal toujours plus bas). Après la mise en place sur le marché, les rentrées d'argent régulières découragent les changements. Lorsqu'un nouveau produit commence à émerger et en vient à menacer les produits phares, les géants de l'industrie peuvent agir afin d'acquérir le nouvel entrant et ses brevets. L'inventeur se verra offrir une somme confortable et la nouvelle technologie pourra être enterrée, tout simplement parce qu'elle perturbait des ventes existantes et une bonne marge bénéficiaire.

Le secteur des colles et adhésifs illustre parfaitement ce dilemme. Il y a des centaines de colles ou de solutions collantes sur le marché, dominé par des entreprises géantes telles que l'américain 3M ou l'allemand Henkel (avec ses produits adhésifs dérivés d'amidon végétal). C'est une industrie qui pèse 45 milliards d'euros de ventes au niveau mondial. Rien qu'en Europe les industriels investissent chaque année 190 millions d'euros en recherche et développement. C'est un marché concentré aux mains de quelques entreprises qui font tout pour ne pas laisser de place aux produits ne venant pas du sérail. Mettre en place l'économie

bleue passera par la remise en cause complète de ces oligopoles néfastes aux innovations.

Au-delà de la gamme de solutions de synthèse actuellement en concurrence sur le marché, il existe déjà de nombreuses innovations connues s'inspirant des systèmes naturels. Nous avons déjà évoqué le gecko et les bardanes. Permettez-moi un détour par les guêpes allemandes (*vespula germanica*). Cette espèce indigène d'Europe centrale possède des pinces qui lui permet de décomposer le bois mécaniquement. Pour construire leur nid, les guêpes dévorent ces petits morceaux et les mélangent avec leur suc digestif aqueux, ce qui, chimiquement, raccourcit les fibres de bois. Une fois régurgitée, cette mixture sèche laisse les fibres de cellulose sous forme d'un tapis qu'une sorte de colle va durcir.

Contrairement aux guêpes qui utilisent un adhésif à base d'eau, l'adhésif utilisé par les abeilles pour la construction de rayons de miel contient de la cire. Celle-ci est liquide à la température du corps de l'abeille et c'est seulement par refroidissement qu'elle se solidifie et adhère. La cire d'abeille répond donc au cahier des charges d'un adhésif moderne : fond à la chaleur, ne contient pas de solvant, est liquide. Les bardanes, elles, peuvent se lier à pratiquement n'importe quel matériau marin dur (rochers, jetées, coques de navire, etc.). Le collage est réalisé par une sécrétion de glandes spéciales. Cette sécrétion est une colle réactive possédant une haute résistance à l'eau. Un nouvel adhésif est constamment sécrété afin de s'assurer que le lien reste intact.

Une telle concurrence dans le domaine de la colle et de l'adhérence témoigne des nombreuses solutions naturelles « copiables ». Même une équipe en charge de veille technologique peut avoir du mal à sélectionner

une innovation à privilégier. Par où commencer si votre département de recherche n'intègre pas de biologistes ni de biochimistes, et si les stratégies de marketing et de production restent « collées » au dogme intangible du cœur de métier ?

## Écoblanchiment[1]

L'enthousiasme des consommateurs et le désir des citoyens de contribuer à des solutions durables est une tendance positive. Mais elle peut aussi s'avérer un frein aux changements. Dans notre quête de solutions écologiques et sociales, nous avons envie d'adopter rapidement ce qui semble être une voie évidente vers le développement durable, ce qui n'est peut-être pas une si bonne idée. En 2006, l'Europe s'est précipitée vers la promotion des biocarburants, sans réaliser que cette demande soudaine et massive de matières premières, plébiscitée par des consommateurs désireux d'acheter des « carburants verts » aurait une incidence sur la disponibilité du maïs destiné à l'alimentation. Pire, 51 % de l'huile de palme importée en Europe est mélangée à des carburants.

Nous ne sommes guère conscients de l'impact néfaste dans le temps de nos actions : ce n'est qu'en 2019, treize ans après ses premières aquisitions d'huile de palme comme mélange pour les carburants, que la décision de la Commission européenne est prise, et la date butoire pour sa mise en œuvre est fixée à 2030. Comment accepter ces délais alors que la destruction de l'habitat des orangs-outans continue et s'intensifie ?

1. *Greenwashing*, en anglais (NdT).

Idem pour le maïs. Au lieu de maïs pour la consommation humaine, les agriculteurs ont planté du maïs adapté à l'élevage ou à la fabrication des biocarburants. Le prix de ce produit de base a augmenté grace à une demande plus prononcée, fragilisant la sécurité alimentaire des pays en développement. La ruée pour sécuriser les sources d'approvisionnement du maïs a bénéficié aux traders et aux géants de la transformation, qui ont fait des bénéfices record. L'ONU a émis un avis d'alerte tel que le maïs et l'huile de palme ne sont maintenant plus recommandés pour élaborer des biocarburants. Mais pourquoi des années voire des décennies sont-elles nécessaires pour corriger les erreurs du passé ?

De même, nous avons raison de questionner la valeur des savons biodégradables à base d'acides gras issus de palmiers plantés sur des terres dénudées, là où se dressaient autrefois les forêts tropicales – ce n'est pas seulement la faute du carburant ! Nous avons raison de remettre en cause la consommation des délicieux champignons shiitakes lorsqu'ils ont été cultivés sur des copeaux de chênes abattus en Chine. Si nous pouvions avoir une vision plus large et globale, nous éliminerions sans doute ces « solutions nuisibles ». Les succès initiaux des entreprises tournées vers l'écologie dans le domaine des savons biodégradables dérivés des acides gras de l'huile de palme ont incité les acteurs majeurs du marché à suivre la voie. Pour répondre à l'explosion de la demande internationale, des millions d'hectares de forêt tropicale, surtout en Indonésie, ont été rasés et remplacés par des plantations de palmiers à huile, ce qui a entraîné la destruction d'une grande partie de l'habitat des orangs-outans.

L'enfer étant pavé de bonnes intentions, c'est ce genre de désastre involontaire qui nous a enseigné

que biodégradable n'est pas synonyme de durable. Des « carburants verts » qui mettent en péril les moyens de subsistance des populations les plus pauvres ou qui condamnent des espèces animales sont moralement et éthiquement inacceptables. Nous devons chercher des solutions qui ne polluent ni notre chaîne alimentaire ni notre environnement personnel. L'argument selon lequel une petite décharge de toxine ne peut pas faire de mal repose sur le fallacieux prétexte que quelque chose qui peut s'avérer nuisible, mutagène ou cancérigène, est tolérable en infime quantité. Voler, c'est voler, et voler moins, c'est encore voler ! Polluer, c'est polluer ! et polluer moins, c'est encore polluer. Le même raisonnement devrait s'appliquer à ceux qui font de l'argent par n'importe quel moyen, puis font don d'une partie des gains, souvent infime, pour faire quelque chose de « bien » pour la société. Un tel jeu de compensation n'est pas éthiquement correct et c'est pourtant ce que nous pratiquons, tous, au quotidien.

## De 20 000 à 100 millions

Lorsque les ventes s'essoufflent et que les marges sont sous pression, surtout dans la grande distribution, il est fort probable que la dernière chose que veuille la direction générale d'une entreprise soit l'embauche de nouveaux chercheurs ou concepteurs. Surtout s'ils ont l'ambition de s'inspirer de la Nature ! Dans ce contexte particulier, le défi d'introduire ces innovations (même étayées par de nombreux succès) est encore plus grand. Au lieu de nous lamenter sur les difficultés rencontrées, nous devrions nous réjouir de voir que ces projets vont pouvoir démarrer à l'abri des principes de management

sclérosés des grandes entreprises. L'inaction des leaders actuels peut les transformer en dinosaures de demain, ouvrant des possibilités extraordinaires pour ceux qui sont prêts à changer les règles du jeu. Bien sûr il est possible que certains grands groupes se mettent à penser « en dehors du cadre » : l'expérience prouve que quand on est désespéré, on peut accomplir de grandes choses...

Ré-imaginer l'avenir exige des entrepreneurs en sciences, en affaires sociales, en économie, en environnement et en culture. Cela implique que nous nous éloignions d'une économie où le moteur de la croissance repose sur le gaspillage des ressources matérielles, c'est-à-dire un endettement contracté sur le dos de nos enfants et petits-enfants. Maintenant que la planète est en cours de destruction à cause de la cupidité, des mensonges et de la cécité des humains, peut-être allons-nous voir les gouvernements, les entreprises et les industriels modifier leurs perceptions et allouer des ressources permettant l'avènement d'une économie bleue. Il est temps d'aller de l'avant, avec la volonté de répondre aux besoins de tous. Je suis convaincu que ce sont ceux qui n'ont pas d'expériences ni de ressources financières, mais sont convaincus et motivés par l'idée d'innover pour le bien commun qui vont réussir à transformer nos sociétés.

# 6

# Les MBA (masters en brillantes adaptations) de la Nature

Un diplôme de MBA (*Master of Business Administration*[1]) confère à son détenteur un certain statut et, surtout, est la voie royale pour réussir une brillante carrière. Les diplômés ont appris à analyser les interactions et les relations permettant de réduire le coût du travail et des matières premières, à maximiser le *cash-flow*, à gagner des parts de marché et à optimiser la chaîne d'approvisionnement. Malheureusement, ces experts, qui sont les dirigeants et les leaders du monde des affaires et, de plus en plus les têtes « pensantes » de nos politiques économiques, sont le plus souvent déconnectés des autres habitants de la terre (qui participent pourtant aux marchés dont ils s'occupent). Pire, leur vision limitée aux problématiques de leur cœur de métier les empêche de saisir les opportunités intéressantes qui existent en dehors de leurs domaines de compétence. Une grande partie de nos modèles de production et de

1. Maîtrise en administration des affaires.

consommation est fondamentalement obsolète, incapable de répondre à l'ensemble des besoins de tous sur cette terre, y compris la faune et la flore. Nos façons de faire doivent évoluer ou être remplacées par de nouvelles méthodes capables de répartir harmonieusement les besoins et les ressources, tout en assurant à chacun l'eau, la nourriture, l'abri, la santé, l'énergie… C'est dans cette optique que nous avons mis en place les MBA de la Nature : les « masters en brillantes adaptations ».

Les écosystèmes proposent des sources d'inspiration incroyables pour élaborer des systèmes économiques capables de répondre aux besoins de chacun. Mais aucun cours de MBA n'enseigne cela aux futurs dirigeants d'entreprises. Un système naturel change constamment, s'adapte continuellement ; c'est sa puissance et sa beauté. Quand on étudie dans le cadre de notre master en brillantes adaptations, on s'intéresse à l'intégration des innovations en des modèles multifacettes où se déversent en cascade les nutriments et l'énergie, où cette dernière provient de sources intégrées et renouvelables, où les structures utilisent ce qui est rapidement disponible pour le transformer dans des réseaux si efficaces que, non seulement rien n'est gaspillé, mais en plus on obtient un gain net d'énergie. Les MBA traditionnels enseignent comment créer des marchés globalisés, réaliser du *hedging* – la couverture de risque –, des investissements dans le futur etc.

L'industrie reste réfractaire aux changements continus. Prédire est le maître-mot. Les théories du cœur de métier et du cœur de compétence recherchent la productivité d'une manière qui, en fin de compte, empêche l'évolution et les changements. C'est cette logique qui privilégie la standardisation et les modifications génétiques. Quand on sait comment modifier les gènes, on croit qu'on va

savoir en prédire les conséquences. Là où les industriels favorisent un système de production prédictible, utilisant une chimie lourde afin de fixer les molécules ou des modifications génétiques qui bloquent les évolutions naturelles, la Nature opte pour des solutions différentes. L'eau est le solvant, les liens moléculaires sont temporaires (afin de faciliter une meilleure biodégradabilité) et sont combinables à l'infini. La seule modification génétique naturelle est l'apanage des bactéries, dont c'est le moyen d'évolution ; les autres formes de vie n'adoptent des changements génétiques que de façon très lente.

Ces méthodes différentes expliquent pourquoi les systèmes naturels sont toujours en mutation, tandis que les systèmes industriels sont intrinsèquement résistants aux changements. Pour les éviter et produire toujours plus de « la même chose », les systèmes industriels créent des standards mondiaux à appliquer partout et tout le temps, sous prétexte de réduire les coûts. Par comparaison, les écosystèmes s'approvisionnent toujours en local, satisfaisant leurs besoins avec ce qui est facilement disponible. Ainsi, puisque les écosystèmes prospèrent à partir de la biodiversité locale, la normalisation n'est pas pertinente pour eux. Après tout, la biodiversité repose sur… la diversité, en prospérant grâce à une présence constante de minéraux qui ne sont jamais détruits mais transformés en de multiples combinaisons. Cela explique pourquoi les nouveaux modèles économiques provenant de nouvelles technologies intégrées seront pilotés par des milliers d'entrepreneurs, parmi lesquels chacun aura un rôle à jouer localement. L'industrie plébiscite le contrôle et la standardisation pour fusionner et croître, à la recherche d'économies d'échelle imaginaires, en externalisant ce qui n'est pas primordial, et en faisant appel au resources du bien commun. Nous

ne consommons que quelques espèces de tomates ou de pommes de terre alors qu'il en existe des centaines de variétés, nous ne considérons que quelques monocultures (le blé, le maïs, le soja, etc.) alors que cela appauvrit les terres arables de leurs nutriments, les rend vulnérables à des maladies endémiques, ce qui nous pousse à les modifier génétiquement. C'est suicidaire.

En observant la Nature, on peut voir comment les écosystèmes évoluent vers des niveaux toujours plus élevés de performance et de diversité grâce à la contribution de *tous* les éléments de la chaîne. Quand on fait une randonnée dans les montagnes Rocheuses aux États-Unis, ce sont les cèdres centenaires et les grizzlis que l'on remarque le plus. Mais à y regarder de plus près, on observe des milliers d'autres espèces animales et végétales, la plupart invisibles à l'œil nu, qui ont contribué (et sont nécessaires) au système en entier. Il y a toute une biodiversité sous nos pieds que nous ne prenons pas la peine d'observer. L'évolution implique une quête constante vers plus d'efficacité et plus de diversité. Il devrait en aller de même en économie grâce à de nouveaux entrepreneurs dans tous les domaines (business, sciences, culture, éducation, etc.).

Fritjof Capra définit les écosystèmes comme des « réseaux de réseaux » (*networks of networks*) tissant la vie. Les principes de management que nous appliquons créent des niveaux dans chaque réseau. Un écosystème n'est rien sans la connexion entre tous ses membres, afin que chacun puisse contribuer, selon le meilleur de ses capacités, au sein d'un champ d'action délimité dans lequel la nourriture et l'énergie sont transmises d'un niveau à un autre. Un tel modèle en cascade, respectueux des règles de la physique, permet de répondre aux besoins fondamentaux partout car il s'appuie sur ce qui est disponible sur place. L'économie bleue, c'est permettre

l'abondance plutôt que la délocalisation et la pénurie. Abondance en matière d'eau, de nourriture, d'énergie, d'emplois et de revenus. Qui pourrait s'y opposer ? Si l'on songe aux résultats potentiels, combien d'entrepreneurs pourraient prendre le risque de priver les marchés de ces innovations ?

Imaginons la création de valeur possible si l'on remplaçait la chimie par des méthodes physiques (comme le vortex par exemple). Chacun peut comprendre le potentiel en matière de sécurité alimentaire que représente la transformation des déchets du café (ou d'autres végétaux) en champignons riches en protéines, permettant à leurs exploitants de dégager des revenus (les champignons eux-mêmes, mais aussi leurs déchets). C'est aussi bâtir un système social évolué, sans abus. Quand une famille pauvre, ou un orphelin, a ses propres besoins alimentaires, il n'y a plus de place pour les abus sociaux ou sexuels. C'est transformer une denrée mondiale aussi banale que le café en sécurité alimentaire globale. L'autosuffisance alimentaire permet la dignité. Tout le monde peut voir le bénéfice d'une telle avancée.

## Encourager les entrepreneurs

L'économie bleue part de la réalité. Le taux de chômage des jeunes et les destructions d'emplois dans les pays industrialisés sont une réalité dramatique et la situation économique ne va pas permettre au milliard de nouveaux travailleurs, notamment dans les pays en voie de développement, de trouver leur place. Notre incapacité à inventer des emplois ayant un sens et proposant des défis passionnants équivaut à dire à une génération entière « il n'y a pas d'avenir pour vous ».

Chaque soir, plus d'un milliard de personnes se couchent en ayant faim. Près de deux milliards n'ont pas accès à un point d'eau. Les pénuries et les anomalies sont perçues comme le prix à payer pour l'amélioration du système. C'est sur cette fausse perception que se nourrit la résistance (sociale ou financière) à l'innovation, car les agents de changements sont perçus comme des menaces à la prétendue sécurité de l'emploi de ceux qui en ont encore un.

S'orienter vers l'économie bleue va donc demander, de la part des entrepreneurs, de la créativité et de la hardiesse dans le domaine des sciences, du social, du business, de l'écologie et des médias. Des solutions naturelles peuvent émerger localement et contribuer à la mise en place de solutions innovantes diverses. Il n'y a pas de moteur plus puissant en matière de changement que la jeunesse d'un cœur et d'un esprit prêts à prendre des risques et à croire que cela est vraiment possible. Cela nécessite autant de persévérance que de concentration, mais pas d'expérience dans un domaine ou un marché particulier, ni beaucoup d'argent. Comme nous avons pu le constater, les innovations et les idées décrites ici peuvent s'avérer difficiles à assumer par les institutions (grandes sociétés, administrations, etc.). Les grands groupes, essayant de produire toujours plus de ce qui fonctionne déjà, ne disposent sans doute pas de compétences aussi pointues ni de l'envie de risquer le capital initial nécessaire à cette approche nouvelle. C'est un avantage important pour les nouveaux entrants. Fondant leurs actions sur des données scientifiques solides et une vision sociale positive, ils vont pouvoir mettre en place et développer leurs innovations pour pénétrer chaque domaine et en faire un secteur d'activité durable. Ils vont permettre de répondre aux besoins de base en

partant de ce qui est disponible. Ils vont pouvoir tester des solutions différentes, faire des partenariats, tirer parti de nouvelles associations et recueillir le soutien de clients de plus en plus conscients des problèmes environnementaux et économiques actuels.

Le succès sur un marché va venir de la disponibilité de produits meilleurs, moins chers que la concurrence et créant plus de valeur pour la communauté. Nous devons collectivement préparer la nouvelle génération à comprendre qu'il est possible de créer une entreprise sans argent ou sans expérience (c'est même presque toujours ainsi que les grandes innovations ont vu le jour). Un temps de crise, lorsque les leaders traditionnels sont sous pression (voire parfois en lutte pour leur survie), est sans doute le meilleur moment pour les jeunes (et ceux qui ont la jeunesse du cœur) pour se lancer dans de nouvelles idées. D'un point de vue pratique, il y a de moins en moins de « belles carrières » possibles quand des millions de jobs sont détruits et que les opportunités pour les diplômés sont réduites. Cependant lorsque l'ensemble du système économique est dans la tourmente, les décideurs sont attirés par tout ce qui semble stable ou qui se démarque. Une grande entreprise peut être amenée à accepter des produits et des méthodes fondamentalement nouveaux ou différents. Le rôle d'un entrepreneur est par essence de transmuter la nouveauté en réalité, d'être la force bienveillante qui transforme une idée en réalité, l'agent entre les pensées et la réalisation.

Mais même avec beaucoup d'argent et de passion, si on est isolé, on le restera. Le succès commercial repose souvent sur des partenariats et des réseaux. Une des clés pour imposer une innovation est de s'associer avec les « agents du changement », ceux qui ont le pouvoir d'influencer le marché et de faire pencher la balance.

Les innovations ne sont pas nécessairement attendues par les marchés, ni par les dirigeants d'entreprises, ni par les investisseurs. Les avancées technologiques sont souvent défendues par des agents extérieurs au marché-cible, tels que les médias, les groupes de pression ou les organisations non-gouvernementales.

Les compagnies d'assurance, par exemple, prennent en permanence le pouls des marchés avec leurs abaques et leurs tableaux de primes remboursées. Elles ont donc le pouvoir de favoriser des innovations si cela peut réduire de façon substantielle les risques et par conséquent les remboursements à verser. Elles s'appuient sur un univers de statistiques, elles sont les meilleures pour compiler des données chiffrées. C'est une compétence vitale pour elles. Une diminution du nombre d'incendies entraîne pour elles une hausse des profits. Si, au fil du temps, leurs données statistiques indiquent une diminution de la fertilité ou une augmentation des allergies ou du cancer chez les enfants, et que ces données incriminent les agents retardateurs de feu utilisés, elles n'hésiteront pas à presser les législateurs d'adopter de nouvelles normes ou de nouvelles technologies (et ce, même si cela va à l'encontre des intérêts des fabricants).

Les sociétés d'assurance et leurs cohortes d'actuaires savent bien que les corrélations ne prouvent ni la cause ni les effets. Peu importe, elles vont promouvoir le retournement de la charge de la preuve (« Prouvez-nous que ce n'est pas à cause des anti-feux qu'il y a plus de cancer ») afin de changer le modèle actuel. L'assureur doit montrer qu'il a envisagé tous les cas de figure pour conclure que les événements négatifs n'arriveront jamais. La société exige de plus en plus que les entreprises appliquent les principes de précaution. Pour un agent de changement, c'est juste un moyen d'accélérer

l'acceptation de nouvelles technologies. Dans notre raisonnement, les assureurs essayeront d'abord de maximiser leurs profits en demandant aux fabricants de produits anti-feu de souscrire à des polices d'assurance couvrant les risques liés à l'emploi de leurs produits toxiques. Pour peu qu'un lien soit fait entre une pathologie et une certaine substance chimique, les primes d'assurance deviendront tellement élevées que les fabricants finiront par rechercher des substituts moins toxiques avant même que de nouvelles normes voient le jour. Le coût des assurances et la réticence pour les sociétés de réassurance à couvrir les risques forceront le changement.

En outre, les sociétés d'assurance pourraient augmenter leurs ventes en croisant les données statistiques de leurs différentes branches. Ce serait une base formidable d'information ayant le potentiel de pousser les industriels à accepter des changements technologiques et des innovations. Les mutuelles de santé pourraient, par exemple, qualifier la toxicité à partir du test d'Ames[1] et lister les produits chimiques les plus suspects pour les communiquer aux industriels...

## Une innovation, plusieurs débouchés et de multiples revenus

Les innovations dont nous parlons dans ce livre ont le potentiel pour créer de multiples sources de revenus. Les

---

1. Le test d'Ames est un test biologique permettant de déterminer le potentiel mutagène d'un composé chimique. Les cancers étant souvent liés à des dommages causés dans l'ADN, ce test rapide et peu onéreux est donc utilisé afin d'estimer le potentiel cancérigène d'une substance. Le protocole fut décrit dans une série de publications au début des années 1970 par Bruce Ames et son équipe de l'université de Californie, à Berkeley. (NdT)

innovations qui vont générer plusieurs débouchés seront susceptibles d'attirer les entrepreneurs et les entreprises. La possibilité de générer de nouveaux revenus est une réelle opportunité car cela mobilise des investissements en parallèle pour différents débouchés dans différents marchés. Cela réduit un peu les risques. Cependant, cela peut déplaire aux inventeurs (qui pourtant ont besoin d'investisseurs). En période de crise, le *cash* (l'argent disponible) est roi. C'est celui qui a des millions à investir qui est véritablement aux manettes. Un projet articulé autour d'un cœur de métier avec un marché unique est souvent préféré par les investisseurs, qui valorisent la compréhension rapide d'un problème économique. N'importe quel investisseur fera appelle à un ou une diplômé(e) de MBA pour évaluer les chances de succès d'une nouvelle technologie. Les entrepreneurs qui recherchent des financements en provenance de sociétés de capital-risque (*venture capital* en anglais) doivent présenter de longues listes de « tout ce qui risque de ne pas marcher ». Ces sociétés de la Silicon Valley auditionnent des projets avec des dizaines de débouchés potentiels. Elles recherchent toutes le projet qui vaudra 100 millions de dollars dans trois ans et demandent donc au créateur d'oublier toutes les autres options (qui, combinées, pourraient pourtant représenter plusieurs fois 100 millions). Le risque est inhérent à chaque activité. Pour la grande majorité des innovations décrites dans ce livre, les risques ont été analysés et évalués et sont plutôt inférieurs à la norme. En effet, ces innovations ont tendance à réduire le risque car elles touchent au cœur le modèle économique en place. Les résultats d'une plateforme technologique déjà éprouvée sont moins risqués et offrent des perspectives de revenus meilleures que celles se focalisant sur une seule niche. De tels potentiels de ventes impliquent que

les investisseurs devraient recalculer les risques à l'aune de flux de revenues multiples et en tournant le dos à la logique du cœur de métier. C'est un des principaux avantages des exemples que nous décrivons dans ce livre.

Il y a, par exemple, trente-sept débouchés commerciaux connus pour le vortex. Il y en a plus de vingt pour les furanes issus des algues qui maîtrisent la formation de biofilm en gélifiant les bactéries. Il y a un incroyable réservoir d'économies si on remplaçait les interventions chirurgicales à 50 000 euros par des traitements externes à moins de 500 euros dans le domaine de la cardiologie (le tout sans batteries à remplacer plus tard). Au lieu de prescrire un million de simulateurs cardiaques par an, les médecins pourraient contrôler un milliard de patches. Les nouvelles ampoules LED permettent d'offrir des services de géolocalisation sans satellites ; une solution qui permet un suivi parfait de tous les lits et leurs patients dans un hôpital ; de sécuriser des connections contre des hackers, de créer la réplique 3D d'une oeuvre d'art dans un musée, ou de faire pousser des salades en deux semaines, sans génétique ni chimie, en offrant à la plante la lumière dont elle a besoin. L'introduction des LED est beaucoup plus que la simple réduction de la consommation énergétique ou la location de services d'illumination au lieu de la vente d'ampoules.

Les polymères à base de soie développés par Oxford Biomaterials sont en cours de développement par cinq sociétés différentes, chacune avec des financements distincts, toutes inspirées par le professeur Fritz Vollrath. La start-up australienne de Peter Steinberg, qui développe des applications antibiotiques avec des furanes, a une stratégie de prolifération de ces produits pour l'agriculture, l'industrie, les équipements médicaux et les marchés thérapeutiques. Franck Zal, fondateur de

l'entreprise Hemarina est un grand scientifique français qui a découvert l'hémoglobine des vers de mer contenant 150 fois plus d'oxygène que le sang humain ; une découverte qui pourrait révolutionner les transplantations d'organes, la prise en charge immédiate des blessés de guerre ou des accidents de la route, et limiter les transfusions. Et comme l'hémoglobine ne représente que 6 litres par tonne de vers de mer, leur culture en fait l'une des plus grandes sources de nourriture pour l'élevage des poissons. Ces entrepreneurs démontrent qu'il est possible d'innover et de propager des idées qui permettent à d'autres entrepreneurs de lancer, à leur tour, leurs propres projets.

La capacité de ces technologies à générer plusieurs sources de revenus réduit considérablement les risques associés et, en conséquence, augmente proportionnellement la valeur des brevets, ouvrant la route à de nombreuses licences (ce qui est aussi une excellente source de motivation pour que leurs promoteurs continuent d'explorer leurs idées de départ). À plusieurs, il sera en outre plus facile de vaincre les nombreux obstacles. Même si, intrinsèquement, les inventeurs et les commerciaux ont des objectifs différents, une coalition est possible autour d'une technologie innovante où compétences et idées participeront d'un développement durable. Le monde du capital-risque ne financera pas les personnes ayant seulement de bonnes idées, il faut aussi que ces intuitions soient commercialisables.

Les innovations permettant de multiplier les sources de revenu sur des marchés différents sont plus attirantes. Si ces sources de *cash-flow* changent le *business model*, alors ces innovateurs ne répondront pas seulement à un besoin de marché, ils seront aussi considérés comme des opportunités d'investissement et de rentabilité.

Les avancées décrites dans ce livre ont résulté en plus de 5 milliards d'euros d'investissements au cours des dernières années, ce qui démontre que le capital est enfin prêt à tourner le dos aux règles ancestrales pour embrasser la possibilité de générer avantages et flux de trésorerie multiples.

## Redistribuer en cascade à la communauté

Ces innovations permettent aussi aux communautés de satisfaire leurs propres besoins, notamment dans les zones en crise. Elles offrent les fondements et les moyens facilitant la prise d'initiative et la réussite commerciale dans des conditions difficiles. Les communautés qui n'ont pas d'argent à dépenser ou à investir sont souvent perçues comme réfractaires aux changements. Pourtant, les réalisations du Père Nzamujo au Bénin, de Chido Govera au Zimbabwe, de George Chan au Fidji, ou de Paolo Lugari en Colombie démontrent que ce n'est pas une fatalité. La conception et la mise en place de ces systèmes intégrés ont transformé des territoires dévastés en succès économiques où l'argent circule et la valeur augmente. La moitié de la population mondiale vit dans des zones rurales ou agricoles. Les pays en développement disposant de grands espaces agricoles et de populations rurales peuvent, à l'instar de l'expérience menée à Las Gaviotas, profiter de biosystèmes intégrés comprenant des bioraffineries et des usines de transformation, utilisant l'énergie disponible localement, réduisant ou consommant les déchets. En outre, cela permettra aux pays développés de réduire leur empreinte écologique et d'améliorer leur performance environnementale.

## Opportunités véritables, solutions réelles

Ce changement du modèle actuel repose sur notre connaissance accrue du MBA Nature, à savoir comment les procédés naturels obéissant aux forces de la physique ne « consomment » pas les ressources mais se « contentent » de ce qui est nécessaire et ont toujours un objectif clair : la régénération et la résilience de l'écosysteme.

Les conséquences sont surprenantes, les résultats, incroyables. Il y a des vaccins qui ne dépendent plus de la chaîne du froid, des pontages cardiaques qui ne nécessitent plus de chirurgie ni de batteries, des agents détartrants qui ne sont plus chimiques, des algues qui détruisent les bactéries ou de la soie qui coupe mieux qu'un rasoir... La liste est longue. Mais remplacer ce qui est chimiquement toxique et potentiellement dangereux pour la planète par des solutions simples et naturelles n'est pas seulement la réponse aux questions environnementales actuelles, c'est aussi la création de nouvelles opportunités, de nouveaux produits ou services et de nouveaux emplois.

L'opportunité consistant à remplacer « quelque chose » par « rien » (c'est-à-dire remplacer ce qui détruit et abîme par ce qui ne laisse pas de traces) est particulièrement enthousiasmante. C'est la possibilité de réduire les risques (financiers, environnementaux, sociaux) par des activités lucratives. Cela va déclencher une vague d'expériences entrepreneuriales. C'est ainsi que des millions d'emplois pérennes vont être créés, principalement en remplaçant les vieux produits et leurs méthodes obsolètes de production par des innovations et des procédés scientifiques inspirés de moyens naturels qui n'ont rien à voir avec la logique du passé. Cela encouragera aussi

les prochaines générations à entreprendre et innover. L'expérience accumulée au cours de milliards d'années d'expérience par les espèces et les écosystèmes comptera au moment de perfectionner nos solutions et de proposer des évolutions aux différents environnements. À nous de profiter de cette flexibilité et de cette résilience.

Au cours des dernières décennies, il nous a fallu investir davantage pour satisfaire notre désir de solutions durables. Mais globalement nous sommes peu à être prêts ou même désireux d'adopter de tels moyens pour atteindre cet objectif. Même les taxes gouvernementales et les amendes pour pratiques polluantes n'ont pas eu les effets attendus. Pouvons-nous aujourd'hui ignorer la pollution des rivières en Europe par de l'huile de palme récoltée en détruisant les forêts tropicales en Indonésie ? Sommes-nous favorables à une économie où tout ce qui est bon pour la santé et pour la terre est cher ? Et réservé à quelques *happy fews* ? On ne peut pas compter sur la société « classique », qui tolère que les plastiques ne se dégradent pas dans l'eau, sur la terre ou dans la mer ! Pour mener l'économie vers la suffisance et la durabilité, pour remettre la Nature sur la voie de l'évolution, il est grand temps de passer à un modèle économique et à une compréhension des marchés où tout ce qui est bon pour vous et la terre est bon marché. C'est exactement ce que l'économie bleue vise à atteindre.

Désormais, nous avons la possibilité d'obtenir de meilleurs résultats et de créer plus de valeur tout en améliorant le capital social et le bien-être des communautés. Ceux qui dans le passé ont fait et bénéficié de mauvais choix peuvent aujourd'hui investir dans de nouvelles solutions qui vont renforcer l'économie et les communautés locales. La force motrice de ce changement repose sur les milliers d'entrepreneurs qui ont plus

d'enthousiasme et de passion que de capital ou d'expériences. Les innovations ayant le plus de chances de succès seront celles qui satisferont les besoins premiers. C'est ce que Peter Drucker, le pape du management des années 1980, prophétisait lorsqu'il affirmait : « Les besoins des pauvres sont les vraies opportunités pour les entrepreneurs. »

Quand un industriel remplace un procédé ou un composant toxique par une alternative moins toxique, il se contente de « faire moins mal ». C'est ce qui se passe avec les milliards d'euros qui sont actuellement investis dans la mise au point de piles et batteries fonctionnant plus longtemps et moins polluantes. La fabrication de ces piles repose toujours sur l'exploitation minière, la fusion des métaux et une chimie lourde, tandis que la majorité des piles en fin de vie atterrit dans des décharges (ou dans la Nature) et continue à contaminer le sol et l'atmosphère pendant des années. Certes, beaucoup pensent qu'améliorer un peu le système c'est déjà être sur la bonne voie, mais ce n'est qu'un moyen de se donner bonne conscience. Il y a une réelle urgence à *vraiment* faire mieux. N'acceptons plus que faire moins mal ce soit faire assez bien. C'est une exigence éthique ! La vraie révolution n'est pas la pile verte, mais des systèmes energétiques sans piles. Il est normal que les vendeurs de batteries au lithium affirment que cela est impossible, car le jour où cela sera possible, ils devront fermer leurs mines et leurs usines.

Le bateau *Race for Water* bénéficie d'une nouvelle technique de propulsion : 512 mètres permettent de générer l'énergie nécessaire pour faire le plein de deux séries de batteries de 4 tonnes. Soit deux jours de propulsion au catamaran de 36 mètres. Les panneaux photovoltaïques produisent 200 litres d'hydrogène

convertissant l'eau de mer, par électrolyse, en carburant, le plus propre existant. Les 25 réservoirs garantissent une propulsion pendant huit jours, dépassant de loin les batteries. L'autre innovation est la voile de 40 $m^2$ qui permet de propulser le navire de 100 tonnes à 10 nœuds – à condition que le vent souffle dans la bonne direction. Preuve qu'un futur sans batteries est possible.

L'abondante littérature scientifique actuelle propose des milliers de pistes et d'idées pour des avancées significatives inspirées directement de la façon dont les espèces naturelles ont résolu leurs problèmes de nourriture et de survie. Même si peu ont révélé tous leurs secrets, il existe beaucoup de possibilités et de nombreux mystères peuvent être résolus. Nous avons encore à comprendre comment chaque avancée éclot dans un réseau de réseaux, dans une association d'associations. Un peu de temps, de pragmatisme et d'empirisme devraient nous permettre de mettre en application ces innovations qui vont révolutionner nos méthodes de fabrication et de consommation, et enfin nous orienter vers le développement *vraiment* durable. Cela repose sur des MBA qui vont créer de l'activité en émulant la Nature : les masters en brillantes adaptations.

Dans les prochains chapitres nous examinerons le cadre de l'économie bleue à partir de contributions en place et de solutions qui fonctionnent. L'économie bleue, c'est appliquer les réussites des écosystèmes aux systèmes économiques. Mettre en place l'économie bleue, c'est permettre à l'humanité d'atteindre la stabilité et la sécurité qui vont protéger et défendre son évolution et sa régénération.

Les différences entre les deux types de MBA

| | MBA Nature | MBA Business |
|---|---|---|
| | *Abondance* | *Rareté* |
| 1 | Tout le monde a un emploi et contribue à son plein potentiel. | Le chômage fait partie du système. |
| 2 | Des milliers de petits contributeurs, de nombreuses opportunités de développement. | Fusions et acquisitions donnent le pouvoir à quelques multinationales. |
| 3 | Tout est utilisé, en cascade : aliments, matière, énergie. | Une infime partie est utilisée, le reste est jeté, abandonné ou inciné́ré. |
| 4 | L'origine de l'énergie est physique (prédictible). | La première source d'énergie est d'origine fossile. Des dérèglements climatiques sont à prévoir. |
| 5 | L'eau est le solvant de base. La chimie ne vient qu'en second. | La chimie est primordiale. Des solvants toxiques sont préférés. |
| 6 | La biodiversité est indigène. La biologie tolère les exceptions. | La biologie est clonée et manipulée pour des résultats prévisibles. |
| 7 | La diversité prospère et se développe. | Recherche de la standardisation et de résultats prévisibles sans considérer la biodiversité. |
| 8 | Le changement est constant et la base de l'évolution. | Résistance au changement et aux technologies de rupture. |
| 9 | Seul ce qui est localement disponible est utilisé. | Fabrication centralisée nécessitant des approvisionnements lointains. |
| 10 | Les besoins fondamentaux sont satisfaits (même les plus insignifiants). | Une majorité de la population n'a pas assez, tandis qu'une minorité a trop. |

| | | |
|---|---|---|
| 11 | À quelques exceptions près, tous les modèles sont non-linéaires. | Tous les calculs sont linéaires. |
| 12 | Les matériaux se dégradent, se transforment et se reconstituent. | Les matériaux ne se dégradent pas et contaminent les sols, les terres, les mers des années durant (même s'ils n'ont servi qu'une fois). |
| 13 | Tout est connecté, presque en symbiose. | Tout est segmenté. Les synergies sont combattues (sauf en finance). |
| 14 | L'air pur et l'eau sont gratuits et abondants. | L'eau est vendue. |
| 15 | Chaque initiative bénéficie à tous, crée la résilience et participe au Bien Commun. | Chaque projet a besoin d'un *business plan* (mais au bénéfice de ses créateurs ou de ses investisseurs). |
| 16 | Les risques sont partagés, donc réduits. | Les risques brident l'innovation. |
| 17 | Les matières premières et l'énergie sont utilisées au mieux. Il n'y a pas besoin de taxer. | Il faut des taxes pour redistribuer la richesse (hélas en vain à cause des paradis fiscaux). |
| 18 | Amélioration du système dans son ensemble. | Amélioration des facteurs clés de succès. |
| 19 | Les inconvénients sont transformés en avantages. | Les défauts ou inconvénients sont ignorés ou corrigés à grand frais ou transmis aux générations suivantes. |
| 20 | Les économies sont basées sur l'ensemble. | Les économies sont d'échelle. |
| 21 | Créer de la valeur avec ce dont on dispose. | Réduire les coûts. |

# 7

# L'éthique au centre de tout

Nous vivons une époque fascinante. Les initiatives pour le recyclage sont applaudies et soutenues. L'utilisation des énergies renouvelables est encouragée. Manger bio, c'est branché. Passer à un mode de vie végétarien est souvent considéré comme un pas majeur vers la durabilité. Néanmoins, bien que toutes ces initiatives nous portent vers la bonne direction, nous ne voyons aucun signe de changement. Les statistiques ne montrent aucune amélioration. Bien sûr, nous avons besoin d'une société qui embrasse l'économie circulaire et passe du recyclage à « l'upcyclage » (*upcycling*). Mais il faut également qu'elle adopte fermement des principes universels d'éthique. C'est l'éthique qui est au cœur du nouveau modèle économique proposé par l'économie bleue. Si nous souhaitons migrer vers des activités économiques novatrices, inspirées par les écosystèmes, qui transforment la société, alors l'éthique devra être centrale. Autrement dit, c'est le manque d'éthique qui nous pousse à faire des promesses en l'air !

Nous sommes souvent confrontés aux dures réalités de notre vision étroite. Les végétariens qui encouragent la consommation de champignons réduisent

certainement l'empreinte écologique de leur consommation de protéines, mais peu d'entre eux se rendent compte que, partout dans le monde, les fermiers de shiitake sont en train de rapidement détruire les forêts de chênes pour augmenter leurs productions de champignons. Ce risque est une réalité. Et une fois que vous êtes au courant de l'impact, et si vous ne faites rien, vous créez des dommages collatéraux.

### Réinventer la pêche

Prenons l'exemple de la pêche industrielle. Nous devrions en évaluer certaines réalités avec une perspective éthique rigoureuse. En premier lieu, nous pêchons trop. Deuxièmement, en pêchant le poisson que nous voulons, nous attrapons des poissons que nous ne voulons pas. Ces derniers représentent jusqu'à 70 % des prises. Nos techniques de pêche ne nous permettent pas la sélection. Troisièmement, nous raclons le fond des mers et des océans avec des chaluts en nylon longs de plusieurs kilomètres, ce qui détruit la vie pour des années, voire des décennies. Pire, un bateau de pêche de taille moyenne consomme par an 250 000 litres de fuel lourd, riche en soufre, qui pollue l'air des centaines de fois plus qu'un camion diesel. Ajoutons que ce fuel sale est presque toujours subventionné par les gouvernements, c'est-à-dire par le contribuable. L'énergie consommée pour alimenter les compresseurs des énormes glacières à bord pour conserver les prises au froid est gigantesque. Et, comme si cela ne suffisait pas, ces bateaux (et le traitement de leurs prises) consomment plus d'eau que celle à laquelle nombre de familles ne pourront jamais avoir accès. Un proverbe chinois

dit : « Ne donnez pas à un homme un poisson à manger, enseignez-lui à pêcher » et... le monde surpêchera !

Même si les problèmes sont bien connus, il est difficile de changer ses habitudes dans un monde de ressources en déclin. Pendant que toutes les parties prenantes discutent des dures réalités de la pêche non-durable, il y a une réalité supplémentaire que tout le monde oublie : les poissons femelles gonflées d'œufs ! Aucun éleveur de bétail n'envoie sa vache à l'abattoir un mois avant la naissance d'un veau. Aucun agriculteur ne détruit sa récolte quelques semaines avant que les fruits ne soient mûrs. Mais tous les pêcheurs du monde trouvent parfaitement normal d'attraper des femelles avec des œufs et de les trier avec les autres poissons pour les congeler. C'est l'un des actes les plus non-durables des temps modernes ; cependant, il n'y a aucun débat à ce sujet ni aucune tentative pour corriger cette absurdité.

Si nous admettons, d'un point de vue du sens commun, que les femelles portant leurs progénitures doivent être protégées, indépendamment des espèces, il devient évident que nous devons changer notre modèle de pêche. Nous ne pouvons simplement pas continuer à attraper du poisson et à le recouvrir de glace. Les températures de congélation conduisent à un relâchement rapide d'acides visant à contrer la congélation ; ce phénomène affecte donc d'une part le goût du poisson et, de l'autre, exige une énorme quantité d'énergie. En plus d'un comportement que je ne considère pas éthique, la traîne des filets et la production de glace consomment plus de la moitié de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un bateau de pêche, le reste servant à la propulsion. Si nous éliminons la production de glace et trouvons un autre moyen de capturer les poissons

qui nous permettrait de séparer les femelles pleines, alors le besoin en énergie de chaque bateau changera.

La conception d'un bateau de pêche de nouvelle génération commence avec la forme d'un catamaran, propulsé par des moteurs électriques. Les poissons pourraient être attrapés en utilisant une combinaison d'écopes et de rideaux d'air – comme le font déjà les baleines et les dauphins – et seraient conservés dans des réservoirs d'eau froide à des températures entre 2 et 4 °C. La consommation d'énergie serait drastiquement diminuée. Une idée parmi mille : nous pourrions équiper le bateau de quatre voiles fixes, conçues spécialement pour les courants et les vents de la région de pêche, en s'inspirant du dessin unique du bateau BMW-Oracle qui a gagné la Coupe America. Quand il n'y a aucun vent, les mâts s'abaissent pour convertir les voiles en panneaux solaires capables de générer de l'électricité pour propulser les moteurs. Ensuite, le but est de transformer rapidement, sur le pont, tout le poisson en produits à valeur ajoutée. C'est ici qu'un système d'échographie innovant permet de contrôler chaque poisson pour vérifier s'il est porteur d'œufs. Une technologie de rupture similaire à l'approche des tests de grossesse permet d'identifier ces poissons. Chaque femelle avec des œufs est immédiatement libérée de son état d'hibernation et remise en mer, sécurisant ainsi la reconstitution du stock de poissons.

Nous oublions souvent qu'un poisson femelle d'un demi-kilogramme peut porter jusqu'à cinq cents œufs, et qu'un poisson d'un kilogramme peut porter jusqu'à trois mille œufs. Le poisson soleil (*mola mola*) peut produire des centaines de millions d'œufs. Cette augmentation exponentielle dans la reproduction est la raison principale de l'extrême contre-productivité de la

capture des femelles. L'expérience sur l'île d'El Hierro a permis de démontrer que la protection des poissons femelles, à travers la création d'une zone de biosphère Unesco, rétablit les réserves de poisson en cinq ans, en offrant dès lors une augmentation exponentielle de la productivité et de la prise de poisson. Alors que les pêcheurs d'El Hierro ont appliqué l'approche simple d'une protection totale d'une zone connue comme la « zone de ponte des œufs », l'approche innovante par échographie permet une sélection très précise de toutes les femelles porteuses d'œufs. La conception de bateaux de pêche visant la protection des poissons reproducteurs changera la logique du modèle économique. Et, comme cela se passe toujours une fois qu'une direction est prise, des innovations en cascade adviendront.

Un bateau qui n'exige aucun apport d'énergie pour traîner les filets peut fonctionner avec la seule puissance électrique. J'ajoute que si le bateau navigue avec le vent, il peut même produire activement de l'énergie en appliquant le même principe qu'une voiture hybride qui récupère l'énergie des freins – ici par la turbulence causée par les voiles qui tirent le bateau en avant. Ce nouveau concept est le plus durable. Nous en avons fait l'expérience, notamment avec le bateau *Race for Water*, qui a déjà franchi 70 000 kilomètres.

En outre, tous les gouvernements du monde aident les pêcheurs avec des subventions étatiques. Or, si le nouveau catamaran opère sans combustible, alors les subventions déjà engagées pour plusieurs années peuvent être converties dans une valeur actuelle nette qui sort les subventions (et la corruption) de l'équation et fait voguer les bateaux à énergie renouvelable dans le bon sens : celui du véritable progrès. Cette nouvelle méthode de pêche et de tri produit ainsi plus de revenus

par la commercialisation des filets, de l'Oméga 3, du collagène et de la farine de poisson produite avec les restes du processus. Elle permet par ailleurs le traitement avec de l'eau de mer, économisant ainsi de l'eau potable à terre, et la vente de la prise avant même de la débarquer. Ce système élimine ainsi les intermédiaires et garantit que les pêcheurs génèrent au moins le double du revenu habituel. Grâce à ce négoce local, le bateau peut doubler son personnel, permettant la création d'emplois pour les locaux, ainsi que l'accès à la sécurité sociale et à la retraite.

Cette conception disruptive est motivée par un simple mais fort engagement éthique qui va au-delà de la durabilité : protéger les poissons femelles qui portent des œufs. Il est rare que le chemin vers l'éthique et la durabilité produise un revenu meilleur et plus d'emplois, tout en éliminant la dépendance des combustibles fossiles. Cependant, le résultat le plus important de ce changement de paradigme est que plus d'argent circule maintenant dans l'économie locale et cela produit un effet multiplicateur dont nous avons besoin, en urgence, pour créer de la croissance dans l'économie locale en utilisant de façon durable les ressources disponibles.

Une fois que l'effet multiplicateur entre en jeu, on peut constater la fin de la fuite des cerveaux. Au Maroc, ce projet est précurseur grâce à une *joint-venture* d'entrepreneurs français et marocains. La force de cette approche est telle que des ingénieurs marocains hautement qualifiés deviennent très motivés pour contribuer au développement de cette affaire innovante hors de France et bientôt voudront retourner dans leur mère-patrie pour contribuer à la ré-industrialisation de son économie, ce qui pourrait même inclure la construction locale autour d'Agadir des bateaux de pêche, un

secteur que tout le monde avait considéré perdu depuis longtemps et impossible à reconquérir. Il a fallu un changement éthique profond dans la pêche – protéger les femelles fécondes – pour parvenir à relancer des industries qui, en apparence, n'avaient rien à voir le secteur initial.

La décision d'aller au-delà de la simple réduction de l'impact négatif, et de commencer à le faire, est finalement une décision éthique. Si vous ignorez l'impact sur les choses, les conséquences de vos actes sont involontaires. Si vous causez sciemment un impact négatif, vous êtes responsable des dégâts collatéraux. Quand vous savez que vous pouvez agir en bien mais que vous refusez de le faire, c'est aussi un comportement immoral. C'est pourquoi notre nouveau modèle économique doit être centré autour de l'éthique.

# 8

# Le shiitake au café, la recette d'un développement durable réussi

## Exemplaires champignons

Peu de marchés ont plus de potentiel de croissance que les champignons. Bien avant qu'en Chine n'émerge une classe moyenne, la demande pour les goûteux shiitake (*lentinula edodes* ou lentins des chênes) avait explosé. Nous les avons déjà évoqués plus haut. Une croissance à deux chiffres a été la norme lors des vingt dernières années. Aujourd'hui, l'Europe et l'Amérique du Nord découvrent à leur tour les vertus uniques des champignons, tant médicales qu'alimentaires. Des noms aussi bizarres que « enoki » (*flamminula velutipes* ou collybie à pied velouté), « maitake » (*frifola fondosa* ou polypore en touffes ou poule des bois), « reishi » (g*anoderma lucidum* ou ganoderme luisant) ou encore « oreilles de judas » (*auricularia auricula*) vont bientôt faire partie de notre vocabulaire quotidien au même titre que « sushi », « expresso », « machiatto » « pizza » ou « latte ». La demande a crû de manière ininterrompue depuis que l'on sait les produire à grande échelle.

Dès le XIIIe siècle, un agronome chinois, Wu Sangong, avait identifié l'apport protéinique bénéfique de ces champignons. La capitale mondiale du shiitake est la ville de Qingyuan, dans le delta de la Rivière des Perles, au nord de Canton, dans la région du Guangdong. Qingyuan est une ville un peu plus petite que San Francisco, où plus de 120 000 personnes travaillent dans la culture du shiitake et du reishi, servant un marché évalué à plus d'un milliard d'euros. D'après le professeur Shuting Chang (un savant expert de l'université chinoise de Hong Kong à l'origine de nombreuses contributions dans le domaine de la mycologie), la valeur totale des exportations chinoises de champignons dépasse les 40 milliards d'euros et emploie douze millions de personnes. Quoique cela ait surpris les experts occidentaux, c'est bien la culture des champignons volvaires volvacées (*volvariella volvacea*) sur des lits de paille de riz qui a permis la sécurité alimentaire de la Chine. Les déchets des plantes, des fruits ou des végétaux cultivés (règne des plantes) ont fourni la nourriture aux canards, porcs et poissons (règne des animaux). Cet apport a été complété par les protéines venant des champignons (règne des fungi) qui convertissent en nourriture de façon prodigieuse les déchets. Les bactéries (règne des monères) proviennent, elles, de la fermentation du fumier et serviront à la croissance des algues (règne des protistes). C'est intelligent et productif, cela surclasse toute forme de modification génétique. Alors que la science des plantes et des animaux a été analysée en détail, le rôle critique des champignons dans la production de nourriture reste à découvrir.

Même à l'âge de 85 ans, le professeur Chan suit tout les marchés du monde de très près. La demande en champignons tropicaux est de moins de 175 grammes par personne et par an aux États-Unis, alors qu'elle est déjà de plus du double au Canada. À Hong Kong, elle est de 18 kilos et son augmentation en Chine est un moteur économique comparable à Internet ! Si les Américains se mettaient à consommer autant de champignons que les Canadiens, cela créerait un marché additionnel de plus de deux milliards de dollars. Si les États-uniens se mettaient à consommer autant de champignons que les hongkongais, l'industrie du champignon exotique deviendrait le plus gros marché mondial, plus gros que l'industrie du pétrole (même en tenant compte du prix actuel d'un « baril » de champignons par rapport au prix du baril de pétrole) ! Mais le plus formidable avec ces données, c'est que le champignon est naturellement cultivé sur les restes de l'agriculture, qui sont plutôt considérés comme un problème, source de méthane et que l'on n'hésite pas à incinérer.

La biomasse composée des glumes, des épis et des tiges sur laquelle les champignons s'épanouissent ne contient pas ou peu de protéines ou de polysaccharides, et pourtant les champignons sont d'une richesse incroyable en protéines et en acides aminés. Il est intéressant de noter que l'espèce de champignons la plus consommée en Occident, le champignon de Paris, est celle contenant le moins de protéines et le plus cher à cultiver, et nécessitant du fumier pasteurisé pour sa culture. Certains pays en sont mêmes réduits à importer du fumier pour produire leurs champignons. Imaginons cinq minutes un monde débarrassé du fumier. Commercialiser du fumier n'est sûrement pas un modèle

pérenne ou compétitif pour atteindre la sécurité alimentaire d'une population mondiale en constante augmentation. Les seuls bénéficiaires de ce marché seront les fournisseurs de véhicules et d'équipements pour le transport.

L'interconnexion des systèmes naturels est capable de faciliter la production de protéines à partir de multiples sources et donc d'éviter la trop grande dépendance à une matière première principale. C'est une piste à explorer localement pour atteindre la sécurité alimentaire au niveau mondial. Les champignons transforment des déchets végétaux en produits comestibles et goûteux. Ce qui reste des champignons après leur récolte, c'est la biomasse digérée par le mycélium, un produit riche en acides aminés essentiels, excessivement nourrissant pour les animaux. Les animaux produisent à leur tour des excréments que les bactéries digèrent, enrichissant le sol et permettant à de micro-algues de proliférer... Cette chaîne de nutriments passant d'une espèce à une autre et d'un règne biologique à un autre est une des merveilles de la Nature. Chacun est occupé à contribuer du mieux qu'il peut et puise sa subsistance dans ce qui était un déchet d'un autre... La seule espèce qui a réussi à produire quelque chose qu'aucune autre espèce ne désirait est l'Homme. Quelle réussite ! Quelle source considérable d'humilité qui devrait nous amener au respect d'une nouvelle éthique !

Le modèle d'exploitation et de production des champignons tropicaux est simple. D'abord la technique traditionnelle propose qu'une biomasse fibreuse soit stérilisée sous pression et à haute température. Grâce aux innovations de l'entrepreneur Ivanka Milenkovic qui a monté Ekofungi à Belgrade

(Serbie) avec une production journalière de 600 à 1 000 kilos, on peut maintenant éviter cette étape. La stérilisation est remplacée par un système de lavage à l'eau froide. La plupart du temps, le substrat de base est un résidu biologique mort ou mourant. Puis des spores de champignons sont disséminées en petite quantité. Le lavage ayant éliminé les bactéries, le mycélium se développe alors à grande vitesse en quelques semaines. Lorsque le substrat est bien colonisé, on applique un choc thermique ou aquatique. Cela permet l'éclosion des champignons, qui ont tendance à accélérer leur processus de reproduction en cas de menace. Il ne reste qu'à récolter les « chapeaux ».

Les Chinois réutilisent toutes sortes de pailles pour créer des lits à champignons. Hélas, certaines semences ont été génétiquement modifiées (le riz, par exemple) afin d'avoir des tiges plus courtes, ce qui réduit la quantité de paille disponible. Ailleurs dans le monde la paille est brûlée, générant une pollution atmosphérique importante. L'incinération de paille de riz en Égypte est un véritable fléau affectant plus de vingt millions de personnes tout le long du delta du Nil. Les spécialistes de la nutrition devraient s'inspirer de la sagesse chinoise qui enseigne qu'il faut convertir la paille en protéines et les pieds de champignons en nourritures pour les animaux. À l'inverse, il se trouve que des pays tels que l'Égypte ont adopté du riz génétiquement modifié à paille courte et, en même temps, ont connu une pénurie alimentaire, les obligeant à recourir à du blé importé. Un triste exemple des limites (de la myopie) de la logique de métier qui ne s'occupe que de sa propre spécialité.

Toutes les méthodes d'élevage de champignons ne sont pas écoresponsables. Le shiitake, un des champignons les plus précieux et appréciés sur le marché mondial, prospère principalement sur un substrat de copeaux de bois de chêne. Nous l'avons évoqué dans un chapitre précédent, la hausse de la demande en shiitake est en train d'accélérer en Chine la déforestation des chênes. Au cours des vingt dernières années, la culture des champignons indigènes ou tropicaux est devenue une activité à bas coût, compétitive et non-saisonnière. De nombreuses améliorations et innovations ont permis le développement de nouveaux modèles de production et de commercialisation. Cette culture dans laquelle les différents composants se transmettent a été expérimentée en Afrique et en Amérique du Sud. La hausse de la demande en Occident pour les champignons exotiques, couplée à une baisse généralisée des prix, va favoriser l'adoption à grande échelle d'un aliment dépourvu de cholestérol et de gras. Ivanka Milenkovic joue un rôle important dans la mise à la disposition de ses connaissances et de son expérience. Depuis 2001, elle a formé plus de 500 entrepreneurs dans ses installations et plusieurs d'entre eux ont ensuite adopté et appliqué la même philosophie généreuse. Siemen Cox et Mark Slegers ont ainsi formé à leur tour plus de 100 entrepreneurs dans leurs installations de RotterZwam.

L'augmentation de la demande poussera les exploitants à rechercher toujours plus de déchets pour fabriquer leurs substrats. La prochaine étape arrive vite : la transformation de la récolte en hamburgers et saucissons sans viande ! Comme la culture de champignons nécessite de la main d'œuvre, cette activité qui

transforme les déchets en aliments va créer des milliers, voire des millions d'emplois, ces emplois ne nécessitant pas des déplacements de population. Vingt-cinq ans après la création de la premiere ferme de champignons, nous en estimons le nombre à pas moins de 5 000. Ne pensez surtout pas que nous considérons cela comme un succès ! Le potentiel dans le monde entier est au minimum d'un million de fermes urbaines et rurales. Nous ne faisons que commencer à transformer notre économie.

## Incroyable café

À l'orée du XXI[e] siècle les champignons sont devenus le deuxième produit de consommation courante, devant le café. Se présente alors à nous une double opportunité permettant d'augmenter la valeur des deux produits : faire pousser des champignons sur les déchets de café. Le café génère trois sortes de déchets. Le plus gros des déchets résulte de l'exploitation : c'est la pulpe issue des premières étapes de la transformation (triage, séchage, lavage), que les experts appellent la *cascara*. Bourrée d'antioxydants, elle est malheureusement généralement jetée, compostée dans des cas exceptionnels. Puis il y a la torréfaction qui engendre ce que l'on appelle le film fin pergamin. Enfin, consommer un café, c'est générer le marc qui est jeté. Entre le moment où les grains de café quittent les fermes et le moment où ils finissent dans nos tasses, 99,8 % de leur masse est mise au rebut ; seulement 0,2 % est ingéré. La contribution du café dans la masse des déchets à traiter est donc importante. Il existe pourtant une approche positive et

créative à ce problème qui peut valoriser les déchets lors de la récolte et lors de la consommation : la production de nutriments pour la culture de champignons. Il s'agit d'une opportunité exceptionnelle. En règle générale, le fermier qui a fait pousser le café ne perçoit qu'un dixième de centime pour un expresso vendu jusqu'à 3 euros au comptoir (un rapport de 1 à 3 000). D'autre part, en 2018, la consommation a atteint 168 millions de sacs d'environ 60 kg, ce qui veut dire qu'il y une matière première naturelle de 8,5 millions de tonnes destinée à pourrir. Si la valeur d'un bon expresso pouvait être identique à celle des déchets invisibles, ce serait une incroyable manne financière.

Les champignons poussent sur la cellulose. Or, la plus grande partie des déchets produits lors de la transformation du grain de café en boisson est de la cellulose. De plus, le caféier est un arbre à bois dur, comme le chêne. En 1990, le professeur Shuting Chang a réussi à démontrer que le café était un substrat idéal pour la production de shiitake ou du célèbre reishi (le roi des champignons médicinaux). Cela signifie que si tous les déchets de café servaient à produire des champignons, il y aurait plus de 10 millions de tonnes disponibles pour la production de protéines.

De la récolte à la torréfaction et à la consommation, la culture du café obéit à une procédure parfaitement suivie ; peu de produits fermiers subissent plus de contrôles de qualité tout au long des étapes de production et de préparation. Lorsqu'on transforme la cerise de café, les fruits sont fermentés. Lorsqu'on prépare une tasse de café, on utilise de l'eau ou de la vapeur à haute température. Les deux procédés

stérilisent les déchets. C'est un avantage formidablement exploitable dans la culture des champignons : il n'y aura plus besoin de stériliser le substrat destiné à recevoir les spores d'ensemencement. Plus remarquable encore, la caféine accélère la maturation de quelques variétés de champignons, ce qui améliorera le *cash-flow* des exploitants du fait d'un cycle de production plus rapide. Mieux encore : si la culture du café est bio, l'absence des produits chimiques augmente la productivité des champignons avec un minimum de 50 %. C'est ce que nous recherchons : moins d'investissement initial mais plus de rentrées d'argent, une initiative mais plusieurs sources de revenus, et tout est naturel. Qui a dit que tout ce qui était bio était cher et moins efficace ?

Une solution qui convertit des déchets en une nourriture riche, moins chère à produire et meilleure pour la santé devrait retenir toute notre attention. D'un point de vue économique, et c'est un message destiné aux banquiers et aux investisseurs, il faut retenir que cette solution génère un *cash-flow* rapide et important. À la suite des travaux du professeur Chang, sous l'égide du Cenicafe (l'institut de recherche de la Fédération colombienne des producteurs de café), Carmenza Jaramillo a passé plus de six années à étudier le réemploi des déchets de café dans la production de champignons. À l'appui de ses découvertes et conclusions, elle a publié plus de vingt articles importants dans des revues internationales. De son côté, l'entrepreneur Ivanka Milenkovic, de l'université de Belgrade, a analysé en détail l'apport et les conséquences de l'utilisation des pieds et déchets de champignons dans l'alimentation du bétail. Ses conclusions publiées dans *Science*, la revue scientifique de pointe

démontrent qu'il n'y a pas de perte dans la production de lait ou de viande.

Il est dommage que, dans les exploitations caféières, la pulpe du fruit de café soit le plus souvent laissée à pourrir sur place au motif que c'est un « bon engrais ». Chaque année, dix millions de tonnes de déchets organiques se décomposent et aggravent l'effet de serre. Cette solution « le cluster Pulpe/Protéines » peut aussi réduire les demandes en copeaux de bois dur. Si on exploite moins de chênes, ceux-ci vont continuer à fixer le carbone dans la Nature, ce qui est un excellent remède aux changements climatiques. Récupérer les déchets de café, c'est changer de façon importante la gestion des déchets (collecte et épandage) et surtout réduire les émissions de méthane. La conjonction du café et des champignons entraîne plus qu'une réduction conséquente des aspects négatifs : en les combinant, deux problèmes deviennent une solution. Nous sommes pleinement dans l'efficacité de l'économie bleue.

Si l'on considère le café à l'aune du développement au niveau mondial, on peut envisager de nombreux avantages à l'opposé de ce que cette monoculture de rente intensive a produit depuis des décennies. La culture du café ne fournit un revenu acceptable aux fermiers que lorsque les prix du marché sont élevés. Dès que les cours boursiers des matières premières passent sous un certain seuil, les fermiers et leurs familles (et leurs villages) souffrent. À la fin du XX^e^ siècle, le Vietnam est devenu le deuxième producteur mondial de café, ce qui a été un désastre pour de nombreux pays en Afrique ! Des chutes importantes du cours peuvent même être des facteurs de pauvreté, poussant les petits exploitants à arracher leurs plants

pour les remplacer par quelques vaches faméliques qui n'auront jamais le rendement d'un caféier. Ayant perdu sa principale source de revenus, le fermier et sa famille iront grossir les rangs des migrants ou, pire, s'installeront dans un bidonville à la périphérie d'une grande ville sensée proposer plus de travail. Les tendances se confirment. D'ici 2050 les économistes du café prévoient la presque disparition du café du continent africain.

Si café et champignons participaient du même écosystème intégré, la distorsion entre la culture de rente et la sécurité alimentaire disparaîtrait. On pourrait même envisager la fin de la pauvreté dans les régions productrices si une nouvelle chaîne vertueuse café/champignon/bétail se mettait en place. Chaque kilogramme de déchets produirait au moins 500 grammes d'une nourriture riche en protéines pour la famille du fermier, et l'alimentation des bêtes serait assurée par les déchets des champignons. Ces nouvelles techniques devraient trouver un écho auprès des jeunes générations, des chômeurs ou des laissés-pour-compte, mais aussi de jeunes diplômés avides de créer une entreprise avec une mise de fonds minime (comme le démontre dix ans d'expérience sur le terrain au Zimbabwe).

Les nombreux avantages du modèle « Pulpe/Protéines » : des déchets de café à la production de champignons

| *Pour le consommateur et le producteur* | |
|---|---|
| Plus riche | Le café fournit les nutriments parfaits pour la culture du champignons. |
| Plus propre | Il n'y a besoin que d'eau chaude. |
| Plus rapide | La caféine accélère la croissance des champignons. |
| Moins cher | Les matières premières sont gratuites. |
| Plus sain | Le champignon est riche en protéine et pauvre en cholestérol et en gras. |
| Plus de nourriture | Les déchets d'exploitation du café assureront la sécurité alimentaire au niveau local. |

Source : Fondation ZERI

| *Pour la planète* | |
|---|---|
| Moins d'énergie perdue | Une fois stérilisés, les grains de café ne subiront plus de traitement. |
| Moins de méthane | Les grains ne se décomposeront plus dans les décharges. |
| Moins de pâturage | Les pieds de champignons seront un « fourrage » parfait. |
| Moins de déforestation | Le café pourra se substituer aux copeaux de chêne. |
| Moins de déchets | Les bars et cafés n'auront plus besoin de se débarrasser du marc. |
| Plus de nourriture | Les déchets d'exploitation du café assureront la sécurité alimentaire mondialement. |

Sur la base des résultats obtenus en Colombie, on estime que chaque fermier se lançant dans la culture des champignons créent deux emplois stables par hectare de café. Avec près de vingt-cinq millions de petits producteurs de café dans cinquante pays, cela représente du travail pour près de cinquante millions de personnes dans le monde, tout en résolvant la question de la survie alimentaire pour les travailleurs et leurs familles. Si l'on rajoute d'autres déchets comme la paille, les épis, les écorces ou la jacinthe d'eau, on atteint des chiffres vertigineux. La possibilité de fournir localement de la nourriture aux populations augmente les revenus fermiers et la stabilité sociale. Ces populations auraient la possibilité d'échanger leurs luttes pour une alimentation de subsistance contre un régime garanti riche en protéines. Il n'y a malheureusement aucune perspective de cet ordre avec les OGM (organismes génétiquement modifiés). Or, c'est étonnant le nombre d'idées brillantes que l'on a quand on a le ventre plein !

Le programme « Un orphelin enseigne aux orphelins » (*Orphan Teaches Orphans*) initié par Chido Govera, elle-même orpheline à l'âge de 7 ans, enseigne aux orphelins à faire pousser des champignons partout à partir des déchets agricoles, notamment sur les jacinthes d'eau et la paille de maïs. Pour faire sentir combien la jacinthe d'eau est une espèce invasive, je rappelle qu'elle a été décrétée « ennemie n° 1 » en Zambie et combattue par des pesticides ou des espèces exogènes de scarabées. Rien n'a fonctionné. Les études de l'Université d'Afrique à Mutare, Zimbabwe, confirment qu'un kilogramme de jacinthe d'eau suffit pour produire jusqu'à deux kilogrammes de champignons. Chido Govera cueille des champignons sauvages pendant la saison des pluies et en conserve les spores grâce

à une technique qu'elle a mise au point. Sous sa houlette, de nombreux orphelins, principalement des jeunes filles vulnérables trouvent les ressources et les moyens d'échapper à un destin qui semblait tout tracé. La sécurité alimentaire leur permet d'avoir d'autres priorités.

Il ne s'agit pourtant que de la partie émergée de l'iceberg. Cette cascade d'événements (café et ses déchets, champignon et ses déchets, bétail, etc.) provoquera aussi une relance des emplois en zones rurales. Cela porte en soi les germes d'une relance au niveau mondial. S'il y a des emplois payés et qualifiés dans les campagnes, plus personne ne sera tenté par un exode vers des bidonvilles à la périphérie des métropoles. Déjà, des milliers de femmes ont été formées à cette méthode simple au Zimbabwe, au Ghana, en Tanzanie, au Congo, au Cameroun, en Afrique du Sud et même en Inde. Chido Govera dirige maintenant un centre de formation dédié, *The Future of Hope*, dans la banlieue d'Harare, la capitale du Zimbabwe, institutionnalisant un peu plus ce programme de santé et de sécurité alimentaire.

Si cet exemple se situe dans les campagnes, le même phénomène peut arriver en centre-ville. Il y a plus de cent mille cafés et bars dans le monde. Des médinas des villes arabes aux quartiers branchés de Tokyo, des cafés traditionnels en France aux chaînes standardisées des États-Unis. La transformation du marc de café en champignons pourrait générer la création de cent mille emplois dans les centres urbains ! Cette aventure pionnière a été testée et approuvée à San Francisco, Nikhil Aurora et Alex Velez ont décidé d'abandonner une carrière de consultants pour créer leur entreprise de café et champignons, BTTR Ventures. De semblables initiatives ont vu le jour à Paris, Bruxelles, Madrid ou

Mexico. Si on songe que des orphelins du Zimbabwe y arrivent avec quasiment rien, on ne peut qu'être optimiste sur les chances de succès de ce modèle dans nos villes riches et occidentales.

Mais le pas qualitatif décisif ne dépendra pas que des entreprises petites et moyennes saisissant l'opportunité de cette combinaison café/shiitake. Une action exceptionnelle de responsabilité sociale au niveau mondial serait que les plus grands acteurs du secteur, de Neumann Kaffe Gruppe à Nestlé, s'assurent que toutes les fermes auxquelles ils achètent du café convertissent leurs déchets en culture endémique de champignons. La société Nestlé, qui contrôle à elle seule 16 % du marché mondial du café instantané, a le pouvoir de créer des emplois et de garantir la sécurité alimentaire à un niveau incroyable ; en fait, elle peut transformer l'industrie du café. La gestion et le suivi des sous-produits du café deviendraient un avantage concurrentiel à long terme dans le commerce du café et des grains torréfiés. Si les promoteurs du commerce équitable offraient aux petits producteurs l'assistance technique leur permettant de faire quelque chose de leurs déchets, vers qui les fermiers se tourneraient en premier ?

En ce qui concerne les consommateurs, on devrait être conscient que le vrai commerce équitable, c'est celui qui va prendre en compte les 99,8 % de déchets liés à la dégustation d'un café ! Il s'agit d'aller beaucoup plus loin que la production bio et équitable que nous connaissons aujourd'hui. Le label « bio » sur un produit certifie l'absence d'utilisation de pesticides et d'engrais chimiques, mais il ne garantit pas une production raisonnée comme nous venons de décrire. Le label « commerce équitable » garantit un revenu juste pour le fermier mais pas des méthodes de production

respectueuses de l'environnement. Rares sont les amateurs de café qui réalisent que la biomasse totale du café est si peu utilisée ni ne mesurent le gaspillage associé. Si les commerçants et les distributeurs contribuaient à favoriser ce modèle de « Pulpe/Protéines » pour les fermes dont ils vendent le café, cela permettrait la création de milliers de communautés autonomes assurées de leur sécurité alimentaire et éloignées définitivement de la malnutrition et du désespoir. C'est l'incroyable potentiel que notre café pourrait rediriger au profit des pauvres, des sans-emploi et de la planète !

L'initiative « Pulpe/Protéines » est basée sur le pouvoir des écosystèmes et s'appuie sur des initiatives commerciales biologiques et équitables. Elle crée de la valeur pour 100 % des éléments nutritifs, avec un potentiel beaucoup plus grand si les matières premières sont toutes bio. Entièrement développée dans toutes les communautés productrices de café, en transformant un flux de déchets en flux de revenus, ce modèle d'entreprise pourrait engendrer 1,5 million de fois plus de revenus que ce que le café génère aujourd'hui. Oui ! 1,5 million de fois plus de revenus ! C'est de cette manière que les entrepreneurs de l'économie bleue vont traiter tous les flux de déchets et réussir, soit en les éliminant soit en les transformant en sources de production, à créer des moyens de subsistance, de la sécurité alimentaire et de l'abondance pour tous.

Imaginez le plaisir additionnel de déguster un café si on savait que notre achat a aidé une communauté de producteurs à atteindre l'indépendance, l'agriculture responsable, la sécurité alimentaire et des moyens d'existence décents. L'effet revigorant du café serait doublé de la saveur de la satisfaction, et sans frais supplémentaires. Le consommateur a le pouvoir de

diriger ce qu'il paie vers ceux qui travaillent de façon durable et équitable, en utilisant ce qui est disponible localement, en fournissant de la nourriture pour tous et en rendant les communautés plus autonomes.

Et si cette approche vous inspire comme cela nous a motivé depuis vingt-cinq ans, nous préparons, dans les années à venir, une nouvelle innovation : le café solide. Oui, solide ! Grâce à une équipe créative dirigée par Raivis Vaitekuns, basée à Riga (Lettonie), la cerise entière est séchée par le caféiculteur. Il sépare la cascara pour une légère fermentation, et torréfie le grain. Ces deux composants, qui représentent 100 % du café, sont mélangés avec 40 % de beurre de cacao, et une toute petite pincée de sel de mer. Ce qui nous donne, avec seulement 10 grammes, autant de caféine que celle contenue dans une cannette de... Red Bull. Le café solide est vendu au même prix que la fameuse boisson, ce qui représente une valeur ajoutée, calculée par tonne de café, de... 100 000 euro. Cela vous fait rêver ? La marge bénéficiaire est si élevée que pour chaque tonne de café solide vendue, on peut regénérer la forêt tropicale.

## Transformer les déchets en « super-aliments »

Soyons créatifs. Continuons de jouer avec le potentiel du modèle « Pulpe/Protéines », et imaginons maintenant une entreprise qui rendrait le café meilleur pour la santé en proposant une infusion de champignon médicinal à rajouter dans un expresso ! La plupart des champignons sont riches en protéines. Le reishi ou le shiitake sont les rois des champignons en matière de bienfaits énergétiques et de vertus médicinales. Dans

l'Antiquité, le reishi rouge était même exclusivement réservé à l'empereur de Chine. Aussi, même si la littérature scientifique n'est pas encore très abondante en ce qui concerne les essais cliniques, l'influence bénéfique de ces champignons est avérée depuis des siècles. Si les coûts de production de ces champignons exotiques pouvaient diminuer grâce à ce modèle vertueux, un peu de reishi dans le café du matin serait un fortifiant naturel efficace (et il pourrait, de surcroît, en corriger l'acidité, balançant le pH naturellement et améliorant sa métabolisation).

L'équation serait gagnante pour tout le monde. Outre la création d'emplois et de ventes additionnelles, si Starbucks proposait à tous ses clients dans le monde un *extra shot* d'infusion de reishi (le nom japonais est *mannentake*, c'est-à-dire « champignon de dix mille ans »), cela aurait un impact non négligeable sur la demande mondiale de champignons. Si une centaine de clients, chaque jour, dans un des 30 000 Starbucks, commandait une petite goutte de reishi facturée 0,50 euros, cela représenterait des ventes de plus de 280 millions d'euros.

Je continue mon exercice d'imagination entrepreneuriale. Le thé pourrait être à la base d'une initiative similaire. La biomasse de thé qui se retrouve dans notre tasse est la moitié de celle du café : 0,01 % ! La cueillette des fruits a, elle aussi, le potentiel pour favoriser une exceptionnelle production de champignons (même s'il manque la caféine si utile à leur croissance). Le professeur serbe Ivanka Milenkovic a mené au Royaume-Uni des expériences avec des épluchures de pommes comme substrat de base. Même les rigueurs d'un hiver glacial n'ont pas affecté la pousse des champignons. Et les chèvres intégrées à l'expérience

dévoraient les résidus de champignons avant même que les équipes scientifiques aient eu le temps d'en mesurer le taux d'acide aminé !

Les écosystèmes sont une source d'inspiration pour revisiter nos pratiques conventionnelles en recherchant l'idée de cascade : les déchets de l'un sont utiles à l'autre. Créer de multiples bénéfices pour les différents participants à une activité est un modèle juste et positif de l'économie bleue pour plus d'efficacité et de diversité. C'est ainsi que l'on peut transformer la savane en forêt tropicale. C'est ainsi qu'une commodité comme le café le thé ou les pommes peuvent non seulement produire de la nourriture mais aussi participer à un environnement meilleur. Les dix mille emplois déjà créés sont un succès manifeste, mais il ne faut pas oublier qu'il y a vingt-cinq millions de petits producteurs de café qui pourraient profiter du système. Face à un tel potentiel, une entreprise comme Nestlé devrait abandonner son sacro-saint principe du cœur de métier !

# 9

# Exceptionnelle soie

Nous permettre collectivement un avenir meilleur tiendra en grande partie à la libération de toutes nos forces imaginatives. Dans ce chapitre, nous allons exploiter la soie au-delà de nos rêves. Nous allons essayer de lancer des pistes technologiques qui célèbrent la merveille de ce produit naturel nous permettant d'explorer tout les bénéfices imaginables au mieux, et en accord avec la perspective de l'économie bleue qui nous prescrit de faire beaucoup plus avec cette matière formidable qu'est la soie. Il y a des siècles, les Chinois furent confrontés à une explosion de la demande en nourriture et à une pénurie de terres fertiles. Ils se mirent alors à rechercher le moyen d'avoir plus de terres arables et étudièrent les astuces déployées par la Nature pour transformer une terre aride en terre fertile. Ils remarquèrent comment la combinaison de plantations et d'élevages ne permettait pas toujours de maintenir l'équilibre propre à protéger la richesse des sols. L'enseignement qu'ils retirèrent de cette observation et les stratégies qu'ils mirent en place ont non seulement sauvé leur grande civilisation mais pourrait bien avoir un impact sur notre modèle économique

actuel couvrant la santé, le textile, et meme des produits simples comme le rasoir.

## Terres arables en danger

Le mûrier blanc (*morus alba*) prospère sur la plupart des sols arides chinois. Au moins la moitié de ses feuilles sont mangées par une chenille, le bombyx du mûrier *(bombyx mori)* : le ver à soie. Les excréments des chenilles, lorsqu'ils se déposent sur le sol, attirent des bactéries et des micro-organismes. Ces derniers enrichissent à leur tour le sol. Le tapis de nouveaux nutriments fertiles s'épaissit ainsi d'un millimètre chaque année. Cela représente la formation annuelle de 2 à 5 tonnes par hectare de riche matière organique. La symbiose naturelle entre les arbres, les chenilles et le sol garantit la sécurité alimentaire et le développement des communautés. Les autorités chinoises entamèrent un immense programme de plantation de mûriers. Les dynasties pouvaient prendre le pouvoir puis disparaitre, le sol continuait de s'enrichir. Des terres autrefois arides devinrent fertiles sans qu'il y ait besoin de les labourer ou de les irriguer. Les fermiers se mirent à alterner la production d'arachides et de féculents. Au fil du temps, les pays d'Europe et du Moyen-Orient se mirent eux aussi à planter des mûriers et purent jouir des bienfaits de ce système naturel d'engrais anti-érosion. Les viticulteurs italiens, de même que les Turcs, ont planté des mûriers en bordure des vignes en pente pour limiter l'érosion. Ces moyens naturels de fertilisation ont peu à peu été oubliés au fur et à mesure que la polyculture laissait la place à une monoculture intensive commerciale sur des étagères dans des serres, au lieu de le faire en plein air.

En parallèle, une industrie extrêmement lucrative vit le jour : la soie, le polymère naturel obtenu à partir des cocons. Selon la légende, l'idée d'utiliser le fil produit par les chenilles est attribuée à l'impératrice Leizu (ou Si-Ling-Chi, la Dame au Ver à Soie). Un après-midi, alors qu'elle était assise à l'ombre d'un mûrier, un cocon tomba dans sa tasse de thé. Elle aperçut un petit bout de fil flottant dans l'eau ; intriguée, elle le tira et déroula miraculeusement plus de 300 mètres du fil le plus fin qu'elle n'ait jamais vu. On dit alors que l'impératrice développa l'usage de la soie dans la confection de vêtements et d'emballages pour les fruits et les légumes. C'est à son mari, l'empereur Huangdi, le fameux Empereur Jaune, que l'on doit l'invention des méthodes d'élevage des vers à soie et d'extraction des fils.

Si on en croit la légende, la soie est donc une découverte fortuite. Ce n'est qu'un sous-produit d'autre chose, qui n'avait pas de valeur à l'origine au regard de l'importance stratégique de la fertilisation et de la régénération du sol. C'est une découverte, voire une surprise qui engendra des millénaires de développement. Tout change avec l'introduction récente des polymères synthétiques à base de pétrole. Cette substitution n'a pas seulement remplacé une matière renouvelable (la soie) par une matière non-renouvelable (le pétrole), mais a supprimé des milliers de tonnes de fertilisants naturels et la régénération permanente de couches de terre. Le succès de fibres synthétiques bon marché et solides a décimé la soie, et la plantation et l'entretien des mûriers sont devenus des pratiques obsolètes dans le monde entier. Comme la soie avait cessé d'être un produit compétitif, la tradition millénaire de régénération du sol est tombée dans l'oubli. Pire encore, au fur et à mesure que les plastiques et les polymères synthétiques

devenaient de plus en plus populaires, pénétrant tous les types de produits imaginables, les terres agricoles ayant perdu leurs engrais naturels ont eu besoin de fertilisants industriels et chimiques afin de continuer à pouvoir produire de la nourriture. Cela a aussi accru la demande en énergies fossiles pour mener à bien les récoltes et a aggravé les émissions de gaz à effet de serre. Comment pourrions-nous réduire l'introduction des produits synthétiques a une substitution de matières premières ? La pétrochimie introduit un système incapable de se soutenir au début avec les effets de gaz de serres, mais en réalité en détruisant un système ingénieux de récupération des terres érodées.

L'érosion des sols fertiles est un des problèmes majeurs que l'humanité devra résoudre pour continuer de se nourrir. À cause du vent et de la pluie, l'Éthiopie, un pays montagneux, voit chaque année disparaître des terres arables dans des champs en pente. C'est une des causes de la famine endémique qui menace les Éthiopiens, bien en peine de constituer des réserves de céréales, tout en devant consacrer une partie de son budget à l'importation des phosphates. À cause des fréquentes tempêtes de sable, chaque année deux à trois millions de tonnes de fines particules fertiles disparaissent en Afrique et viennent grever sa capacité agricole. On retrouve ces particules dans les profondeurs océaniques et jusqu'aux Caraïbes, brouillant les eaux et étouffant les barrières de corail. Ce ne sont pas seulement les plastiques et les lessives synthétiques qui menacent les coraux. L'agriculture intensive ajoute du stress dans un écosystème déjà très affecté. Les techniques agricoles mises en place par les colons européens n'étaient pas les bonnes au regard des conditions climatiques locales. Si certains paysans fertilisent eux-mêmes leurs champs,

la plupart dépendent des engrais chimiques, des pesticides toxiques et de l'irrigation massive. En utilisant ces méthodes modernes, on peut détruire jusqu'à une tonne de limon fertile par hectare. On a même mesuré des disparitions allant de 300 à 700 tonnes par hectare au cours d'une seule chute de pluie torrentielle. Une fois toutes ces calamités survenues, les paysans n'ont d'autre recours que de compter sur la pétrochimie et les semences génétiquement modifiées pour obtenir des rendements acceptables.

Le professeur George Chan a étudié en profondeur le système intégré de la Chine millénaire qui combinait les mûriers et les vers à soie. Dans plus de soixante-dix pays, il a conseillé des exploitations pour la mise en place d'un système intégré en cascade capable de reconstituer la couche fertile d'un champ. Des fermes en Namibie, au Japon, dans les îles Fidji, en Allemagne et la Colombie ou aux États-Unis ont adopté cette solution autonome et intégrée. La tradition chinoise va de nouveau aider à transformer l'industrie agroalimentaire mondiale.

## Géométrie de la soie

Admettre un problème, c'est déjà entrevoir sa solution. Il y a des centaines d'espèces qui produisent de la soie : les fourmis, les guêpes, les abeilles, les araignées... Même les moules en font partie. Une seule espèce, le ver à soie, a été domestiquée. Grâce aux instruments de mesure actuels, il est possible d'analyser à une « nano-échelle » les caractéristiques des différentes soies produites. Les savants commencent à entrevoir comment ces polymères naturels peuvent

dépasser en performance leurs équivalents artificiels, et même des métaux. Certains, comme par exemple le titane, le métal ayant le meilleur ratio résistance/poids, pâtissent de la comparaison. Si, à l'instar des animaux, on pouvait fabriquer à température ambiante avec des ingrédients naturels ces polymères biocompatibles, cela ouvrirait un univers entier de possibilités, le tout dans un cercle vertueux de régénération du sol et un impact vertigineux sur le climat.

Dans le cadre d'un projet du Smithsonian Institute en Amérique centrale, le professeur Fritz Vollrath, de l'université d'Oxford, est tombé sur une espèce d'araignée (la *nephila clavipes*), qui tisse des toiles pouvant atteindre un mètre de diamètre avec des filaments qui, au soleil, sont aussi dorés que des fils d'or. Vollrath a tout de suite eu l'intuition que cette couleur servait deux objectifs à la fois : attirer des proies et parfaire le camouflage. Après des années de recherches, il a compris la structure de ces fils de soie et leurs remarquables propriétés en matière de résistance, flexibilité et résilience. En maîtrisant seulement l'humidité et la pression de son abdomen, une araignée qui tisse une toile est capable de produire différents types de soies. Vollrath a démontré que les extraordinaires performances de la soie d'araignée reposaient sur leur géométrie à une nano-échelle. Vollrath a fait appel à des calculs complexes pour déterminer comment l'alternance de structures cristallines et non cristallines d'un fil de soie d'araignée permettait des variations de résistance qui, parfois, dépassaient de beaucoup ce que les métaux ou les plastiques permettent.

La toile tissée par une *nephila clavipes* dépasse toutes les autres en termes de flexibilité et de résistance à la tension. L'extrême robustesse de la soie filée par cette

araignée est obtenue par une sorte de « pliage » des protéines qui composent le fil au moment du filage. Ce pliage des protéines contrôlé par la seule pression de l'abdomen repose largement sur l'extraction précise du taux d'eau. Les comparaisons établies par le professeur Vollrath entre les fils des araignées et ceux de certains insectes ont permis de mieux comprendre le processus. Les araignées ont par ailleurs une remarquable propension à recycler leurs toiles, les reconditionnant pour servir sous de nouvelles conditions. Elles ingèrent les parties de la toile qu'elles désirent renouveler et transforment en acide aminé le polymère déjà fabriqué. Il s'agit d'un des programmes de recyclage de polymère les plus extraordinaires qui soient, bien supérieur à ceux que nous réalisons avec les soi-disant plastiques recyclables (ceux-là même qui, notoirement, flottent dans les océans) ! L'heure est arrivée où l'industrie des fibres s'inspire de ce dessin réalisé à la perfection.

Hélas, domestiquer les araignées reste difficile et imiter leur système de recyclage miniaturisé agacent les ingénieurs de production qui ne pensent qu'en termes de production et d'economies d'échelles. De plus, lorsque leur comportement est canalisé, leur rendement devient faible. Elles ont tendance à trop recycler, produisant un nouveau fil qui répond à leur nouvel environnement et refusant de produire des fils « neufs ». Ces difficultés ont conduit Vollrath à comparer la structure de la soie filée par l'araignée à celle des bombyx du mûrier. Utilisant de simples acides aminés pour contrôler le procédé, il a réussi avec son équipe de l'Université d'Oxford à faire fabriquer la structure du fil de soie d'une araignée par des vers à soie. Le polymère ainsi développé est de la soie avec des fils d'araignée !

Le professeur Vollrath croit en une approche systémique de la fabrication de polymères biocompatibles à partir de sources renouvelables, un peu à l'image de ce que les Chinois ont accompli dans la régénération des sols arables. S'appuyant sur ses recherches visionnaires, Vollrath a créé des entreprises qui produisent ces polymères et explorent les débouchés où ces solutions peuvent remplacer les polymères pétroliers ou les alliages métalliques.

Il y a un siècle, la production mondiale de soie atteignait près d'un million de tonnes. Actuellement, la production annuelle est autour de 100 000 tonnes. À l'exception de quelques marques de luxe, le futur marché de la soie ne concernera pas le textile ou l'habillement. Si nous nous basons sur un calcul purement économique et comptant seulement les coûts de production, la soie ne pourra jamais concurrencer les fibres synthétiques. En revanche elle peut détrôner des métaux tels que l'acier ou le titane (parfois dans un rapport de un à six en prix et en performance). Le titane est le produit référent dans les moteurs d'avion, les engins spatiaux, les usines de désalinisation, les prothèses médicales, les implants orthopédiques, les articles de sport et les téléphones mobiles. C'est l'industrie aérospatiale qui est la plus grande consommatrice, mais tout les produits de grande consommation commencent à avoir régulièrement besoin du titane.

C'est là qu'un changement est possible. La production du titane à partir de minerai nécessite d'immenses quantités de magnésium, de chlore et de gaz argon. Le titane doit, de surcroît, être soudé dans une atmosphère stérile évitant une contamination avec l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène. Ainsi les importants besoins en énergie de sa production, additionnés à une certaine rareté des

minerais, font du titane un produit excessivement cher. Mais l'effort en vaut la chandelle : bien mise en œuvre, une pièce en titane aura une formidable résistance à la contrainte et à la corrosion. Ces exceptionnelles qualités font que les utilisateurs finaux paient le « prix de la qualité » et ignorent (ou feignent d'ignorer) les dommages causés à l'environnement. Établir une comparaison rigoureuse des écobilans d'un kilogramme de titane et d'un kilogramme de soie (produit à température, pression et humidité ambiantes), c'est condamner, voire ridiculiser les atouts déclarés du titane.

## Purifier avec la soie

La soie naturelle contient 30 % de carbone. Le remplacement de l'écosystème mûrier-bombyx-soie par la pétrochimie a aussi eu comme inconvénient la fin de la fixation du carbone. Au passage, cela souligne combien les émissions de produits pétroliers ne sont qu'une partie du problème. La substitution de la soie (renouvelable) par les tissus synthétiques (non-renouvelables) a éliminé un aspirateur à carbone. Et comme l'usage des engrais à base de nitrates a été multiplié, nous avons émis de plus en plus de protoxyde d'azote ($N_2O$) !

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), même si les émissions de protoxyde d'azote sont faibles en quantité, leur impact est colossal. L'émission d'une tonne de protoxyde d'azote équivaut à l'émission de 310 tonnes de dioxyde de carbone. Dans le cas de la production de la soie, on a un exemple frappant de la destruction d'un cycle positif et vertueux au profit d'une monoculture irresponsable à terme. Les engrais et les plastiques, symboles

de nos avancées technologiques, sont en réalité des cas d'école illustrant combien notre système consumériste et productiviste est irresponsable et insoutenable. C'est une preuve de plus que les calculs sur-simplifiés des coûts et des bénéfices, du CAPEX (l'investissement) et du OPEX (cout opérationels) ne peuvent cerner les vrais dangers et opportunités, car la grande majorité des dommages ne sont même pas connus.

Wallace Carothers, le chimiste de Dupont de Nemours qui a inventé le nylon, ne pouvait pas se douter que sa découverte allait condamner un écosystème harmonieux qui avait assuré la survie et la prospérité de zones agricoles pendant des millénaires. Dans notre quête pour toujours plus de modernité, nous avons toujours fait preuve d'une incompétence effarante lorsqu'il s'est agi de mesurer les conséquences de nos inventions ! Nous ne pouvons pas espérer que les gouvernements et les industriels soient à même de résoudre le problème du réchauffement climatique tant qu'ils n'évalueront pas les milliers de relations interdépendantes existant entre chacune de nos actions. S'inspirer de l'interactivité physique et biochimique d'un écosystème en s'appuyant sur la physique, c'est se donner des possibilités pour des solutions plus harmonieuses et durables.

## Raser avec la soie

Un autre exemple quotidien d'une consommation irresponsable est le rasoir. Il y a peu d'activités plus triviales que le rasage, nos poils poussent inexorablement, tous les jours, tous les ans... Les peintures rupestres montrent des hommes des cavernes se débarrassant des poils non désirés avec des pierres ou des coquillages

aiguisés. À l'âge du bronze, l'homme, en forgeant des métaux simples, a commencé à fabriquer des rasoirs en fer ou en bronze. Les premiers Égyptiens se rasaient la barbe et les cheveux, une coutume reprise par les Grecs et les Romains.

De nos jours, une lame de rasoir nécessite près de vingt fois moins de métal que la première lame jetable inventée par King Camp Gillette il y a plus d'un siècle. Même si cela traduit une tendance de fond vers une plus grande efficacité dans la fabrication et la réduction des coûts (et donc une diffusion plus facile), cela renforce aussi la réduction de la durée effective d'un produit. Quand les équipes de ressources et développement de Gillette facilitent des gains en productivité et en parts de marché, de façon symétrique, cela augmente le nombre de rasoirs jetables et donc le tonnage de métal jeté. C'est l'« effet rebond ». Dix milliards de rasoirs jetés, c'est 250 000 tonnes de métal non recyclé. Comble de la malchance, les rasoirs actuels ont maintenant deux, voire cinq ou six lames, ce qui en définitive supprime l'économie en métal ! Pire, ces dernières sont encastrées dans des structures plastiques inséparables des métaux.

Étant exposées à de forts taux d'humidité, les lames de rasoirs, sont fabriquées avec des alliages spéciaux d'acier et de titane. L'acier choisi doit être suffisamment rigide pour maintenir la forme de la lame et suffisamment souple pour être façonné. C'est en règle générale de l'acier au carbone (carbone, silicone, manganèse, molybdène et fer) qui est choisi, avec une couche de finition en titane. Cet acier est produit à une température excédant les 1 100 °C, puis durci dans un bain d'eau glacée et enfin recuit à 350 °C. Les lames sont alors estampées à la bonne forme. La vitesse de

fabrication varie entre 800 et 1 200 lames par minute. Du fait de leur petite taille, il faut un gabarit spécial en acier et plastique afin de les insérer dans la structure plastique finale. Ce coûteux procédé crée un produit avec une griffe de polymères non-dégradables qui ne permettra finalement que quelques rasages efficaces et terminera sa courte vie à la poubelle.

L'industrie du rasoir fait face à un choix. Plutôt que de grossir en volume ou en parts de marché, il faudrait transformer ce marché en une activité qui préserve l'environnement et crée des emplois, tout en continuant de proposer des produits meilleurs et moins chers ! En « roulant » sur des centaines de fils de soie, un peu comme une version miniature de la tondeuse à gazon manuelle, un rasoir fait de soie tranchera la kératine (le poil) mais ne coupera pas la peau. Cette technologie existe. Sa mise au point finale et le passage à la production de masse ne sont qu'une question de temps et d'argent. Substituer de la soie à l'extraction de minerai réduirait non seulement de façon incroyable les émissions de $CO_2$, mais créerait un ratio coût/bénéfice idéal. Avec un coût de 30 à 35 euros par kilogramme pour la soie finie, chaque lame de rasoir en soie coûterait moins d'un euro, pour une efficacité et un confort égaux à ceux des lames traditionnelles.

## Embellir avec la soie

Protégé par des secrets de fabrication, un autre débouché des polymères synthétiques échappe à la vigilance des consommateurs : les cosmétiques. Après l'eau, les polymères sont le deuxième ingrédient utilisé dans les cosmétiques et les produits d'hygiène personnelle. Une

vaste gamme de polymères fournit des tensio-actifs, fixatifs, épaississants, émulsifiants, agents stimulants, conservateurs, stabilisants, antimicrobiens, adoucissants, etc. Le marché des polymères synthétiques pour l'industrie cosmétique est estimé à 12 milliards d'euros, en croissance constante. Les polymères ont remplacé de nombreux composants naturels. S'il reste difficile de percevoir comment la soie pourrait remplacer l'acier inoxydable dans les rasoirs ou les avions, il est plus facile d'associer le toucher incomparable de la soie à celui d'une crème cosmétique. L'utilisation par l'industrie cosmétique de nano-produits à base de soie pour remplacer les polymères synthétiques devrait être une tendance prometteuse et rentable.

Il suffirait qu'un des géants du secteur, tel Clarins ou Shiseido, commence à substituer aux polymères synthétiques des produits naturels pour que l'industrie entière se convertisse. Une des premières applications pourrait être les crèmes et lotions solaires. Pourquoi ? En raison de deux caractéristiques de la soie. Les polymères à base de soie donneraient à la crème sa texture et permettraient aussi la dissipation des rayons ultraviolets. En outre la soie pourrait être une « bio-alternative » au titane dans les crèmes (onéreuses) où l'oxyde de titane est utilisé pour bloquer les UV. Alors le pari entre soie et titane continue.

Le marché de la coloration des cheveux est un autre débouché pour les composants à base de nanostructures de soie. Durant l'Antiquité, les Grecs et les Romains utilisaient des composants alcalins, du brou de noix ou du henné pour créer différentes teintes de cheveux. Ces produits sont peu agressifs pour notre peau, mais ils ne fixent pas la couleur longtemps. C'est pourquoi on a développé des lotions à base de produits chimiques

pour proposer des colorations « permanentes ». Pourtant de nombreuses études pointent du doigt la corrélation entre cancer et utilisation prolongée de colorations capillaires, à tel point que l'US Food and Drug Administration (FDA)[1] a diligenté l'analyse de la toxicité potentielle de ces agents colorants. Heureusement, de nouvelles avancées techniques sur les polymères à base de soie rendent possible la mise au point de produits « biocompatibles » capables de créer la couleur désirée et de la fixer. Les polymères à base de soie pourraient facilement remplacer les actuels colorants capillaires toxiques et en même temps agir de manière positive sur la santé et l'écologie.

### Soigner avec la soie

Partout dans le monde, le fil de soie a été utilisé pour faire des points de suture dans les opérations périlleuses. Il est indiqué dans ces cas du fait de sa finesse, de sa souplesse et de sa résistance. Il est aussi facile à nouer, mais difficile à défaire. Sa composition protéinique le rend compatible avec le corps humain et il s'élimine facilement. D'autres applications médicales ont fait appel à la soie : les masques respiratoires anti-allergies, les tampons de gaze ou les pansements dermatologiques. Les récentes avancées en matière de dissolution des fibres de soie et de fabrication de films à base de protéines de soie ont ouvert la porte à des applications en matière de peau artificielle, de reconstruction des vaisseaux sanguins ou des tendons

1. L'Agence fédérale américaine des produits alimentaires et médicamenteux. (NdT)

et de régénération des nerfs, mais aussi de lentilles de contact, de cathéters complexes ou d'anticoagulants. Tous ces débouchés exploitent la grande biocompatibilité et perméabilité de la soie. Dans notre époque de célébration des innovation moléculaires et génétiques, il est urgent de redécouvrir cet éventail d'opportunités sans égal.

De nos jours, lorsqu'un genou est abîmé ou que la moelle épinière est détruite, on a recours à des implants en titane. Un autre des produits développés par le professeur Vollrath et son équipe est une petite structure poreuse en soie qui a des propriétés mécaniques quasi identiques à celle du cartilage humain. Ce petit dispositif, une fois inséré sur la zone de cartilage abîmée, stimule la croissance des cellules sur son cadre biocompatible. Ainsi une solution d'origine naturelle peut réparer avec succès un dommage important sans avoir à recourir à un appareil onéreux ni faire appel à des médicaments spéciaux empêchant le rejet. Le marché des appareils médicaux biocompatibles est de plus de 15 milliards d'euros et connaît une croissance de plus de 10 % par an. Des gazes, des tubulures et des implants naturels en soie vont bientôt rejoindre les fils à suturer dans les catalogues de produits médicaux.

L'accroissement de la demande pour ces produits à base de soie par l'industrie médicale est une preuve certaine de la viabilité de ces innovations. Cela va stimuler de façon substantielle la demande pour la soie. Si la recherche parvient à mettre au point des produits aussi complexes et exigeants en matière de normes, fabriquer des rasoirs ou des crèmes cosmétiques à partir de polymères de soie devrait être plus facile. Quand Bic, Schick ou Gillette vont-ils convertir un produit peu respectueux de l'environnement en une solution

de grande qualité, aussi performante et présentant un bon bilan carbone ? Si la demande en soie pour les rasoirs atteignait 100 000 tonnes dans les prochaines années, quel serait l'impact sur la fertilisation naturelle des sols ? C'est l'une des questions excitantes que nous offre cette nouvelle route de la soie. Oui, malgré les mauvaises nouvelles autour de nous, nous avons le droit de rêver de nouveau.

# 10

# On a souvent besoin d'un plus petit que soi (ou d'un carrément plus grand)

Nous nous soucions à juste titre du réchauffement climatique produit par l'activité humaine, mais nous oublions que nous naviguons en plus entre deux terrifiants périls : 1) les enfants qui meurent de malnutrition du fait du manque d'aliments de base, 2) les adultes qui meurent de malnutrition du fait de l'excès de « mauvais aliments ».

Nos régimes alimentaires artificiels et synthétiques ainsi que notre mode de vie sédentaire réduisent à la fois la qualité et notre espérance de vie. Le pire, c'est que nous le savons bien. À moins d'inverser cette tendance, comptabiliser les décès dus à des problèmes cardiaques deviendra bientôt une activité routinière macabre.

Le transport par voiture est la cause la plus importante des décès. Parmi les maladies, les crises cardiaques sont plus mortelles que n'importe quelle autre maladie – bientôt remplacées par le cancer, est-il annoncé. La recherche médicale s'est penchée sur cette question

depuis des décennies et a réussi à mettre au point différentes technologies et techniques pour corriger les dysfonctionnements du cœur. Le docteur Jorge Reynolds est un de ces chercheurs. Après avoir étudié l'électronique à l'Université de Cambridge, il a imaginé un moyen de corriger l'irrégularité des battements du cœur en modulant un courant électrique, fourni par une batterie automobile connectée par deux diodes au cœur malade.

Entre 1954 et 1964, il a développé le prototype d'un stimulateur cardiaque, le fameux *pacemaker*, à placer à l'intérieur même du cœur afin d'en corriger l'arythmie, et créa une unité de production en Colombie. L'appareil, qui avait besoin d'une batterie automobile montée sur roulettes et nécessitait une connexion ininterrompue par cable une fois l'opération effectuée, a bénéficié à près de 1 700 malades – dont le dernier patient n'est décédé qu'en 2019. Le prototype du premier *pacemaker* est exposé au musée des Sciences et de l'Industrie de Londres. Dans les années 1960, Reynolds a transféré tous ses brevets et ses expérimentations à un tiers afin de se consacrer à sa vocation originale : la recherche. Il s'intéressait bien sûr au fonctionnement du cœur humain. Sa curiosité et ses recherches l'ont conduit à étudier d'autres mammifères. Quand il a commencé à examiner le cœur de la baleine et son système circulatoire, il a été complètement fasciné.

## Le cœur d'une baleine

Au XVIII^e siècle, les baleines étaient chassées pour leur graisse ; l'huile ainsi obtenue était commercialisée dans le monde entier. Elle servait à éclairer les réverbères

mais aussi à cuisiner. Les baleines ont donc été chassées à outrance, jusqu'à leur quasi-extinction. Cela a pris près de deux cent cinquante ans à l'humanité pour réaliser que la véritable richesse de la baleine, ce n'était pas sa graisse mais sa capacité à générer une puissance électrique de 6 volts à partir d'un peu de potassium, de sodium et de calcium ! C'est d'autant plus remarquable que la baleine se nourrit exclusivement de plancton et de petits poissons. Cette capacité biochimique à générer de l'électricité est un phénomène que Reynolds a étudié, en surveillant le rythme cardiaque des baleines pendant des années.

Il s'est demandé comment le cœur de ce gigantesque animal avait pu évoluer et s'adapter à toutes ces transformations et adaptations physiologiques. Pendant près de quatre-vingts ans, chaque battement de cœur, dans un corps rempli de graisse, envoie presque 1 000 litres de sang sur plus de 150 000 kilomètres de veines et d'artères sans aucune anomalie. Et malgré l'évolution et le vieillissement des muscles, veines et artères, Reynolds était stupéfait que la baleine puisse distribuer ainsi du courant électrique dans un corps aussi massif et coordonner les pulsations d'un cœur mille fois plus grand que, par exemple, un chien (pour prendre un autre mammifère partageant le même ancêtre). Il n'y a pas de cas connu de crise cardiaque chez la baleine. Si notre cœur devait fonctionner dans un corps aussi saturé de graisse, il cesserait tout simplement de battre !

Pour Reynolds, expert du rythme cardiaque, il s'agissait d'une énigme de taille. Il s'est alors mis à étudier tout ce qu'il était possible d'apprendre sur les baleines et les systèmes cardio-vasculaires des mammifères. Afin de suivre et d'enregistrer le rythme cardiaque d'une baleine, il a conçu un encéphalogramme spécial qu'il

a installé sur l'animal, afin de recevoir les données par satellite, dans son laboratoire de Bogota. Imaginer la difficulté à concevoir un tel appareil est un défi, mais le poser directement sur les baleines en est un autre encore plus impressionnant. Reynolds l'a fait lui-même manuellement, en zodiac, baleine par baleine. La science à l'état brut !

En cinquante ans de recherches scientifiques sur le cœur, Reynolds n'a pas seulement étudié les baleines mais aussi plus de deux cent autres espèces animales, aussi petites que les mouches, discrètes que les dauphins roses de l'Amazone ou étranges que les iguanes des Galápagos. Reynolds et son équipe ont effectué plus de dix mille enregistrements cardiaques. Ils ont perfectionné les techniques pour recueillir les données, utilisant des systèmes de filtration du son, originellement conçus pour des usages militaires, afin d'enregistrer les fréquences sous l'eau. Cela a simplifié la collecte d'informations en évitant d'avoir à physiquement fixer les appareils sur les baleines. Les dissections de baleines qui, de temps en temps, s'échouent sur des plages furent autant de sujets d'étude. Toutes ces données ont permis à Reynolds de pouvoir cartographier précisément le fonctionnement d'un cœur de baleine. Les scientifiques postulent que les baleines ont des chaînes de cellules servant uniquement à la transmission du courant électrique au départ et à l'arrivée du cœur. Ce courant s'autorégule et est capable de contourner des tissus endommagés avec peu de conductivité.

La curiosité de Reynolds va au-delà de l'observation des rythmes cardiaques. Pour comprendre au niveau moléculaire comment la combinaison du potassium, du calcium et du sodium pouvait créer un courant électrique sans aucun métal et pile, il a étudié la

formation du cœur depuis l'état embryonnaire jusqu'à l'âge adulte. Il a modélisé ses découvertes dans un cœur virtuel en 3D. En utilisant des logiciels commerciaux de CAO (conception assistée par ordinateur) comme Auto-Desk, il a généreusement donné accès à ses observations et découvertes aux autres savants et cardiologues. Ses conclusions l'ont amené à repenser les principes fondamentaux des stimulateurs cardiaques. Schématiquement, les stimulateurs cardiaques actuels, qui ont été installés partout dans le monde à des millions de patients, stimulent la fonction naturelle défaillante d'un cœur à produire de l'électricité grâce à un appareil inséré directement dans le cœur avec une source électrique placée sous la clavicule. Mais les milliers de défauts ou de dysfonctionnement enregistrés ont commencé à remettre en question cette technologie excessivement lourde et coûteuse.

Reynolds a donc dirigé ses recherches vers des voies peu orthodoxes, presque troublantes par leur simplicité originelle. À l'instar des baleines, il a pensé à recréer ces mini tuyaux de l'épaisseur de deux cellules afin d'améliorer la diffusion du courant au sein même du cœur. Il a alors imaginé de remplacer l'appareil qu'il avait contribué à développer par des tubes minuscules de carbone (à une nano-échelle) capables de générer la même puissance qu'un pacemaker. Au lieu de se substituer à l'activité du cœur, ces mini-tubes de carbone se contentent de mieux conduire aux tissus abîmés le courant des tissus fonctionnant correctement. C'était là sa première idée révolutionnaire : se servir de la puissance disponible autour du cœur et en améliorer la répartition. Son second concept révolutionnaire s'appuyait sur le fait que ni la baleine, ni les autres mammifères, ni même la mouche, ne font appel à des batteries et

des câbles pour faire ou stocker du courant et le distribuer. Les différentes espèces vivantes qui peuplent la planète savent faire de l'électricité de mille façons différentes : par gravitation, par différence de température, par différence de pH, en utilisant l'énergie cinétique d'un muscle, en utilisant l'énergie piézoélectrique des battements du cœur, en convertissant du $CO_2$, etc. Et cela dure depuis des millions d'années !

Reynolds a donc conçu de nouveaux appareils médicaux fonctionnant comme le reste de la Nature, c'est-à-dire sans aucune pile ni aucun câble. Il s'est concentré sur la manière dont la baleine génère continuellement du courant à partir de presque rien, quelques éléments chimiques comme le potassium, le calcium et le sodium. Les équipements et appareils médicaux qu'il a conçus créent de l'électricité à partir de ce qui est disponible dans le corps humain et dans son environnement.

La première application conçue par Reynolds a été le nano-stimulateur cardiaque : un appareil de 700 nanomètres de long (c'est 700 millionièmes d'un millimètre) piloté par des micro-processeurs. Directement inspiré des baleines, l'appareil a passé les tests en laboratoire. Mais, pour la Food and Drug Administration (l'Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux), le fait qu'il fonctionne avec les baleines n'est pas suffisant. Le coût de développement d'un prototype répondant aux exigences de la FDA est de 100 à 500 millions de dollars (90 à 480 millions d'euros). Reynolds ayant des moyens financiers limités, c'est Boston Scientific qui a démarré le suivi des premiers essais sur des animaux avec les prototypes artisanaux de Reynolds.

On comprend aisément pourquoi les leaders du marché du stimulateur cardiaque comme Medtronic, Johnson & Johnson ou Boston Scientific, qui contrôlent ce

marché depuis des années, remettent en cause cette innovation : ils touchent des royalties sur chaque intervention et reçoivent des rémunérations de laboratoires pharmaceutiques qui fournissent les médicaments nécessaires au bon fonctionnement de leurs appareils. Comment peuvent-ils accepter une solution qui va supprimer un revenu garanti d'au moins 50 000 euros pour chaque patient équipé et d'un autre montant de 50 000 euros correspondant à la quote-part des médicaments ? En effet, l'appareil issu de cette nouvelle technologie ne coûte que 500 euros, le positionnement de la nano-connexion se faisant sans intervention chirurgicale à travers un cathéter. En outre, les patients n'ayant plus à dépendre de médicaments après l'intervention, l'impact sur les coûts d'assurance santé est divisé par 2 000 ! C'est sans doute aux mutuelles de santé de sponsoriser ce développement.

## Du courant électrique sans piles (comme les baleines)

Notre monde industriel est gouverné par la taille et la puissance. Il n'est donc pas surprenant que les minuscules décharges électriques d'origine naturelle soient ignorées. Les montres automatiques ou les lumières clignotantes de certaines chaussures d'enfants en sont de rares exemples. Et pourtant, notre cœur comme notre cerveau ne fonctionnent que grâce à ces microcourants. Même un arbre dans une forêt est un fournisseur d'électricité grâce aux lois de la gravité et à la piézoélectricité. Aucun de nous n'est relié à un réseau électrique ou ne fonctionne sur pile (à l'exception de ceux qui ont besoin d'un stimulateur cardiaque ou d'une prothèse auditive). Simple dans sa fabrication,

alimenté par la nourriture que nous ingérons, d'origine naturelle, le courant que nous créons est suffisamment puissant pour réguler le flux sanguin entrant et sortant de notre cœur, chaque jour, tous les jours. Au cours d'une vie, notre corps produit l'équivalent de la puissance énergétique nécessaire pour transporter un container portuaire du port de Mumbai, en Inde, jusqu'au sommet de l'Everest ! C'est pas mal.

Les travaux de Reynolds et les inventions qui en découlent pourraient bien signifier la fin de notre dépendance aux piles et aux batteries qui encombrent nos décharges et polluent les sols. Supprimer les batteries, c'est aussi éliminer beaucoup de pollution et de déchets toxiques. Les piles sont une solution très pratique, mais elles nécessitent énormément de produits miniers et sont malheureusement encore peu recyclées. Les métaux utilisés sont polluants et dangereux pour la santé. Environ quarante milliards de piles sont fabriquées et commercialisées chaque année, et la plupart des batteries dites « jetables » terminent dans la Nature. Cette situation ne va pas en s'améliorant, et même des pays comme la Suède ou l'Allemagne, pourtant parmi les plus avancés et les plus civiques, ne parviennent pas à recycler plus de la moitié des piles utilisées chaque année. Leur faible coût, leur petite taille et leur grande disponibilité, tout concourt à ce que les piles soient jetées. C'est une de nos tragédies quotidiennes que de ne pas réaliser les conséquences dévastatrices que ce petit objet de la vie de tous les jours impose à la planète et à notre santé. Le métal et les produits chimiques d'une pile finissent tôt ou tard par atterrir dans nos écosystèmes, contaminant ainsi les nappes phréatiques ou les sols fertiles. Ce n'est pas un secret et malgré avec une connaissance étendue, l'inaction caractérise notre culture moderne.

Nous n'imaginons pas non plus le coût énergétique nécessaire pour fabriquer une petite pile. Comparer le coût total d'un kilowattheure provenant d'une pile et celui provenant du courant domestique est effrayant : l'électricité d'une pile est de 100 à 500 fois plus chère ! Tous les industriels ont démarré des programmes de recherches pour améliorer le rendement ou la taille des batteries ; des milliards d'euros ont déjà été engloutis par des institutions publiques et privées dans des projets de développement pour la pile « qui dure plus longtemps » ou « qui ne pollue plus ». Mais même la plus performante des piles continuera à être fabriquée avec des matériaux extraits de la terre, sans jamais tenir compte de l'épuisement à terme des ressources minières naturelles. Les piles sont sans doute une source d'énergie facile et pratique, mais le prix à payer pour ce confort est hors de proportion.

Maintenant que Boston Scientific s'est lancée dans l'expérimentation animale et humaine, la vision de Reynolds est plus proche que jamais. Le premier nanostimulateur cardiaque a été implanté chez un être humain le 8 octobre 2016, après que des douzaines de chiens ont réagi de façon convaincante à ce dispositif piézoélectrique. La logique de l'économie bleue prescrit de remplacer quelque chose par rien. Le stimulateur sans batterie en est un bel exemple.

## Le froid à la manière des tardigrades

L'histoire de la création des vaccins se présente comme une succession d'avancées et de réussites. Ce qui est moins réussi, c'est la chaîne de distribution des vaccins. Selon l'Organisation mondiale de la santé, seuls

50 % des vaccins vendus sont gérés correctement. Pire, à cause du manque de systèmes de réfrigération tout au long de la chaîne, seuls 50 % des enfants à vacciner peuvent être atteints. Le grand problème des vaccins est la préservation et le respect de la chaîne du froid. On estime à déjà à six mille le nombre de réfrigérateurs solaires installés dans les pays en voie de développement mais, avec un prix moyen variant entre 3 500 et 5 000 euros par réfrigérateur, cela a représenté un investissement de plus de 20 millions d'euros. L'énergie photovoltaïque est bien évidemment une alternative plus fiable que des générateurs à essence, mais dans un monde où des milliardaires règnent pourtant par la philantropie, nous sommes incapables de mobiliser l'argent nécessaire pour établir un réseau qui atteindrait tous les enfants partout sur notre terre. Il existe pourtant une autre solution : un mécanisme inspiré de la Nature qui permet de refroidir sans aucun système de refroidissement. Dans la Nature tout ce qui est superflu est éliminé ! Quand l'eau s'évapore, les cellules se dessèchent et les membranes intracellulaires se brisent de manière irréversible. Les scientifiques ont identifié et étudié un groupe de micro-organismes ainsi que des espèces animales et florales simples qui peuvent se déshydrater entièrement au point de sembler morts, et qui pourtant peuvent « ressusciter » en moins de deux heures au contact d'un peu d'eau. Deux de ces espèces, un microscopique animal aquatique (le tardigrade ou ourson d'eau, *hypsibius dujardini*) et une fougère (la polypode polypodioïde, *pleopeltis polypodioides*) que l'on trouve en Afrique et en Amérique, survivent grâce à la production de concentrations élevées de sucre dans leurs tissus. Lorsque l'eau est évacuée, ce sucre spécial durcit pour former une enveloppe qui protège les

cellules. En présence d'eau, le sucre « vitrifié » se dissout afin de permettre aux cellules de reprendre leur activité biologique normale.

Bruce Roser a développé un procédé naturel pour stabiliser les produits pharmaceutiques, commercialisé au Royaume-Uni par la société StablePharma. Les solutions de Roser ne nous dispensent pas seulement de l'étape de réfrigération des vaccins, mais aussi l'injection par seringue. Cela va permettre une distribution des vaccins de manière plus efficace et moins chère. L'Organisation mondiale de la santé a évalué l'économie potentielle au niveau mondial à 140 à 220 millions d'euros par an. Sans parler du nombre de vies sauvées...

Les derniers développements de cette solution se concentrent sur la séparation du perfluorocarbone (PFC), un gaz à effet de serre qui permet d'éviter la suspension des particules d'agents actifs dans la solution vaccinale. Or, cette technologie ne nous permettrait pas seulement d'éviter la chaîne du froid, elle pourrait aussi avoir un impact sur l'ensemble des produits congelés et ainsi supprimer les rayons surgelés de nos magasins (enfin, peut-être pas les glaces quand même !). On a tendance à oublier que nous congelons les aliments pour les conserver tout en maintenant leur goût et leur texture. Les marchés-cibles sont donc plutôt haut de gamme, comme les aliments pour bébés et les plats cuisinés. Des produits périssables comme les fruits ou la viande pourraient aussi être concernés.

L'impact sur l'emploi lié à ce passage du monde « réfrigéré » à un monde « non-réfrigéré » est assez impressionnant. Rien que dans le domaine médical, les millions d'euros qui sont gaspillés à fournir de l'énergie pour garantir la chaîne du froid pourraient être alloués à d'autres projets. Nous évaluons à 40 000 à 60 000 le

nombre d'emplois que l'industrie pharmaceutique pourrait créer avec les dépenses économisées. Malheureusement, il n'y a aucune garantie que l'argent disponible soit réorienté vers des projets sociaux et de santé, et non versé à des actionnaires qui réclament des dividendes toujours plus élevés.

N'oublions pas que les émissions directes et indirectes dues aux chambres réfrigérantes et autres réfrigérateurs sont responsables de près de 20 % de l'ensemble des gaz à effets de serre (même si la réfrigération des vaccins n'est qu'un contributeur minime). La technique de conservation et de livraison de Roser, associée à d'autres technologies industrielles existantes, démontre qu'une innovation inspirée par les tardigrades et les fougères peut aller plus loin que de fournir des vaccins aux enfants qui en ont le plus besoin. Elle aide, au passage, à réduire les émissions de carbone, objectif que nous ne pouvons pas perdre de vue. Encore un de ces bénéfices multiples d'une solution qui, au départ, s'attachait à résoudre un problème fonctionnel. Il devient de plus en plus évident que nous sommes capable d'atteindre les objectifs de développement durable à condition que nous poursuivons des initiatives radicalement innovatrices.

## La fureur des furanes

Les premières espèces vivantes terrestres furent les bactéries. La photosynthèse de bactéries a fait son apparition il y a environ 2,8 milliards d'années, bien avant même que les plantes n'existent. Les savants les appellent monères mais, pour le grand public, ces organismes monocellulaires sont des « germes », des

« bêtes ». Les bactéries sont partout et tout ce que nous connaissons de la vie trouve son origine en elles. Nos yeux, notre nez, nos oreilles, nos membres sont tous en contact avec ces créatures vivantes. En fait, nous n'en tenons pas compte, mais nous vivons en symbiose avec elles. Nous descendons des singes, mais en réalité nous sommes des arrière-arrière-arrière-petits-enfants de bactéries ! C'est assez troublant de penser qu'une de nos préoccupations est de les éliminer, alors qu'on ne peut pas digérer sans elles !

Dès l'invention du microscope, qui permit enfin de voir ces organismes unicellulaires, tout a été orienté pour nous convaincre des intentions malignes des bactéries. Mais nos efforts sans relâche et notre détermination à les éradiquer par des moyens chimiques agressifs et des antibiotiques (originellement issus de champignons) reviennent à essayer de nous tuer nous-mêmes. Nous désinfectons nos salles de bain et nos cuisines avec des produits potentiellement dangereux pour notre santé au motif de la protéger. Même en nous lavant les dents deux fois par jour, nous conservons dans nos bouches plus de bactéries qu'il n'y a d'êtres humains sur la Terre ! Notre volonté et notre envie de tuer les bactéries sont vouées à l'échec, tant les monères sont présentes partout. En réalité, les bactéries correspondent à 10 % du poids du corps humain. Et si la lutte contre les bactéries est une lutte perdue par avance, les virus qui sont encore plus présent que les batteries qu'ils dévorent représentent un défi intellectuel : il faut que nous apprenions à vivre avec.

Notre surutilisation des bactéricides et antibiotiques ne pourra nous conduire qu'à un désastre. Non seulement ces produits ont une incidence sur l'augmentation du nombre de cancers, de certaines pathologies

ou d'effets induits, mais en plus nous renforçons la propension des bactéries à muter. Ces dernières peuvent tenter n'importe quelle modification génétique car elles n'ont pas de noyau cellulaire. Toutes ces injections de produits chimiques censés les tuer ont ouvert la voie à une évolution de ces minuscules organismes en « super-bactéries ». Notre système immunitaire n'arrive déjà presque plus à lutter, stressé qu'il est par la résistance aux produits chimiques et fragilisé par l'absence des apports bénéfiques des bactéries.

Observons maintenant la seconde forme de vie apparue sur terre : les micro-algues, dénommées protistes (les ancêtres des algues) qui, elles, ont su s'adapter aux bactéries. Les océans, d'où la vie a émergé, n'étant en réalité qu'un immense bol de soupe de bactéries, les micro-algues ont vite compris que cela n'avait aucun sens d'essayer de toutes les tuer : cela aurait été une tâche à la fois immense et suicidaire. Quand les algues ont commencé à peupler les océans, elles ont rapidement été colonisées par les bactéries. Les bactéries ont lentement construit des sortes de biofilms similaires à ceux qui tapissent nos estomacs, tripes ou nos langues, la colonie de bactéries pouvant à tout moment prendre le contrôle de son support.

Les algues, en tant que nouvel entrant dans le milieu naturel, devaient donc résister et composer pour survivre. Leur solution fut de devenir des experts en contrôle de leur environnement. L'algue rouge (*rhodophyta*), que l'on trouve des côtes de Tasmanie à celles du Japon, a mis au point un système altère le mode de communication des bactéries. Plutôt que de les supprimer, la rhodophyte sécrète une petite molécule appelée furane qui rend momentanément sourdes les bactéries, brouillant leurs récepteurs, ce qui les

empêche « d'écouter » les autres bactéries d'une même espèce. En effet, les bactéries utilisent la chimie pour communiquer entre elles. Si une bactérie ne reçoit pas une certaine molécule parce que les récepteurs idoines sont bloqués, elle n'aura aucune idée de l'endroit où se trouvent les autres membres de son groupe. Il devient alors presque impossible pour les bactéries de former ce biofilm potentiellement dominant. Plus remarquable encore, les biofilms déjà en place ont tendance à se désintégrer quand il n'y a plus de communication en interne. S'il n'y a plus de biofilms, il n'y a plus de danger d'infection.

Les chercheurs Peter Steinberg et Staffan Kjelleberg, de l'université de Nouvelle Galles du Sud à Sydney, ont compris, en étudiant le comportement de la rhodophyte, le potentiel des furanes : les mutations de super-bactéries humaines pourraient être remplacées par des contrôles bactériens inspirés des algues marines ! Le nombre d'applications possibles de cette solution est presque infini. Parmi les industries potentiellement intéressées, on trouve celles des produits d'entretien, de la construction, des transports, de l'agriculture, des appareils médicaux et de la pharmacie... C'est même pour cela que de nombreux obstacles subsistent. Une substance naturelle qui empêche les bactéries de proliférer menace les antibiotiques, véritables vaches à lait, commercialisés par les grands laboratoires pharmaceutiques. Mais comme mettre sur le marché de nouveaux produits de santé prend des années, la somme à investir est astronomique. Sans ces obstacles, les furanes auraient déjà remplacé les bactéricides et autres antibiotiques.

Il existe heureusement des champs d'application où les procédures de mise sur le marché sont moins complexes : les biens de consommation ou les produits

agricoles. Les déodorants, par exemple, fabriqués à partir d'ingrédients tels que le titane ou le zinc, empêchent les bactéries de se nourrir de transpiration (c'est cela qui cause les odeurs) en tapant les pores avec des métaux. Un déodorant à base de furane limiterait le nombre de bactéries et donc les odeurs. Il y a aussi les brosses à dents. Les milliards de bactéries qui peuplent notre bouche contribuent à la digestion, mais aussi aux mauvaises haleines (les bactéries consomment de mini-résidus de nourriture). Des furanes pourraient prévenir la formation de ces films de bactéries. L'agriculture aussi pourrait être modifiée. Il suffirait de tremper les semences dans une solution de furanes pour éviter une contamination bactérienne. Les fleurs coupées d'un bouquet dureraient plus longtemps si elles baignaient dans une eau contenant des furanes.

Les tours aéro-réfrigérantes des immeubles sont connues comme étant des sources potentielles de légionellose, une bactérie potentiellement mortelle. Les traitements actuels pour prévenir la formation de films de bactéries sont excessivement dangereux pour les occupants de ces immeubles. Il faut changer les filtres régulièrement, ce qui est cher et prend du temps. Les furanes pourraient ici aussi être une meilleure solution, plus saine et moins chère.

En 2006, des oléoducs de BP en Alaska ont subi d'importantes fuites. Une attention publique et des médias dont la société pétrolière se serait bien passée… La corrosion des tuyaux, qu'ils transportent du pétrole, du gaz ou de l'eau, est causée par des bactéries. En conséquence, toutes les deux semaines, l'ensemble du réseau est lavé avec des solutions acides afin de détruire les amas de bactéries en formation, et il faut parfois même gratter mécaniquement l'intérieur des

pipelines pour essayer de déranger les biofilms. Des furanes pourraient éviter ces opérations de maintenance et limiter les risques de corrosion.

La désalinisation de l'eau par des membranes à osmose inverse est continuellement perturbée par l'accumulation de biofilms de bactéries sur les filtres. Cela peut diviser par deux la performance d'une membrane, pour le même volume d'eau. Les unités sont donc régulièrement arrêtées pour être nettoyées avec des produits chlorés. Mais l'usage abusif et répété du chlore finit par détériorer les membranes échangeuses et réduit donc leur durée de vie.

Tous ces exemples ne sont qu'une infime partie des possibilités. Selon Peter Steinberg, la vraie valeur des furanes se trouve dans le monde de la santé. La tuberculose et la mucoviscidose sont deux pathologies où des bactéries colonisent lentement mais sûrement le malade, parfois jusqu'à la mort. Les antibiotiques perdent de leur efficacité quand le biofilm de bactéries est formé. Il faut alors avoir recours à des surdosages de médicaments. Il suffirait de rendre « sourdes » les bactéries par des furanes pour contrôler leur prolifération et, enfin, leur auto-extinction.

La compréhension du rôle des furanes, à savoir l'empêchement de fonctionner des bactéries plutôt que leur destruction, ouvre des perspectives nouvelles et innovantes sur l'amélioration de la santé et des méthodes de traitements, tout en limitant la formation d'espèces mutagènes toujours plus complexes à contrer. Si les applications médicales de Steinberg parviennent à arriver sur le marché, cela ouvrira la voie à des centaines de mises en œuvre différentes. L'analyse est impeccable, les performances sont démontrables et les coûts de production s'annoncent raisonnables.

On peut donc imaginer qu'un jour la fabrication des furanes remplacera celle des produits chimiques de lutte contre les bactéries. L'amélioration (de 20 à 25 %) de la performance et de la durée de vie d'équipements tels que les oléoducs ou les membranes à osmose inverse permettra des gains en productivité. Le grand réservoir d'emploi est dans la recherche fondamentale et appliquée pour mettre au point des solutions de contrôle des bactéries.

Quelques utilisations possibles des furanes

| |
|---|
| Bâtiments<br>Air conditionnée, fourniture d'eau |
| Agriculture<br>Pisciculture, conservation des aliments |
| Industrie<br>Micro-électronique, agroalimentaire |
| Transports<br>Oléoducs, gazoducs |
| Pharmacie<br>Tuberculose, mucoviscidose |
| Appareils médicaux<br>Cathéters, seringues |
| Produits du quotidien<br>Déodorants, bains de bouche, cosmétiques |

## Les bienfaits des asticots

En Afrique, la propagation du sida, de la malaria et de maladies liées aux carences en iode est depuis longtemps un sujet majeur de préoccupation pour les

professionnels de santé. De nombreuses fondations philanthropiques américaines et la Commission de l'Union européenne dépensent des sommes considérables pour y remédier. Or, un des problèmes chroniques reste que les Africains souffrent plus de blessures mal soignées que de maladies. Une blessure mal soignée peut conduire à des infections, la gangrène et parfois l'amputation, autant de causes effectives de désocialisation ou de mort prématurée. Si un traitement simple pouvait être largement disponible dans les zones rurales, cela limiterait de nombreux problèmes ultérieurs. De façon surprenante, voire incongrue, les fondements de cette solution simple se trouvent dans l'observation de la façon dont les asticots assurent leur propre hygiène.

Dans la Nature, lorsqu'un animal mort commence à se décomposer, des essaims de mouches arrivent de toutes parts. Elles « festoient » dans les carcasses et laissent derrière elles leurs œufs. Les asticots, à leur éclosion, se nourrissent des chairs pourries. Une fois la chair consommée, les bactéries ne peuvent plus proliférer. Les asticots qui ne deviennent pas, à leur tour, des mouches sont les proies d'oiseaux, de poissons ou de toutes espèces capables de métaboliser les 50 % de protéines et d'eau pure que recèle le corps d'un asticot.

L'utilisation d'asticots dans le cas de blessures délicates est une pratique ancestrale. Les *hommes-médecine* des tribus mayas ou aborigènes utilisaient couramment les asticots pour guérir les plaies. Le baron Dominique Larrey, chirurgien général de Napoléon, fait état de blessures soignées par des asticots lors de la campagne d'Égypte de 1799. Les conditions d'hygiène sur un champ de bataille laissent bien évidemment à désirer et les asticots étaient une solution pragmatique efficace. L'usage des asticots pour soigner les plaies a diminué

entre les deux guerres du fait de la découverte de la pénicilline par Alexander Flemming en 1928.

Ce n'est que récemment, face aux problèmes posés par la résistance des bactéries aux antibiotiques, et l'arrivée d'une vraie épidémie diabétique que le corps médical a réintroduit les asticots dans le soin des blessures. Plus de quatre mille médecins dans le monde en recommanderaient l'usage. Le professeur Stephen Britland, de l'université de Bradford (Royaume-Uni), est un pionnier de la recherche sur les capacités curatives des asticots. La société qu'il a fondée, Advanced Gel Technologies (AGT), est un fournisseur de la société galloise ZooBiotic, le leader mondial des asticots curatifs. Britland a mis en évidence que les asticots font plus que nettoyer les plaies, ils produisent des enzymes qui, grâce à de micro-décharges électriques, stimulent la croissance des cellules. Tout se passe comme si, pour les asticots, les bactéries étaient des concurrents à la recherche de la même nourriture.

Or, les hôpitaux modernes sont des lieux stériles, ce qui n'est pas l'idéal pour le développement des asticots (même si les bactéries réussissent à se développer en milieu hospitalier). Une des innovations de Britland est un moyen d'isoler et de collecter les principes actifs curatifs sans avoir à recueillir les asticots. Cette procédure simple n'est pas très différente de ce que nous faisons quand nous *buvons la tasse* lors d'un bain de mer : nous recrachons l'eau immédiatement. Les asticots sont donc immergés dans de l'eau salée afin d'accélérer leur dégorgement. C'est un procédé rapide, bon marché et facile. Ce mode de production développé par AGT permet d'obtenir l'enzyme bénéfique des asticots en évitant l'usage peu ragoûtant d'asticots posés sur une plaie.

La thérapie par les asticots s'apparente un peu à un traitement sous vide d'air, comme le traitement d'ulcères à la jambe, où l'on s'attache à favoriser la régénération cellulaire dans un environnement sous pression. Cependant, le traitement par les asticots élimine le besoin en antibiotique puisqu'il ne reste plus de bactéries une fois que l'asticot a consommé le tissu mort. Des tests cliniques ont démontré que ce traitement est aussi efficace que les plus puissants des antibiotiques. Outre ses vertus curatives doublées d'une baisse du risque d'infection, cette solution offre un avantage certain en matière de coût du traitement, tout particulièrement pour les malades peu atteints qui doivent éviter d'attraper d'autres infections lors d'un séjour à l'hôpital ; et cela se revèle déterminant pour les blessures ou les brûlures de malades diabétiques. La société de Britland a d'ailleurs reçu un soutien financier du gouvernement anglais sur la base des économies réalisées par la Sécurité sociale à la suite des traitements à base d'asticots. On peut réduire le séjour en milieu hospitalier de soixante-douze à quatorze jours en moyenne. Dans cette technologie, le coût le plus important concerne l'élevage des asticots, car ceux-ci sont consommés en grande quantité par de nombreux prédateurs. Heureusement les asticots ne sont pas exigeants et se développent sur n'importe quelle charogne.

Dans le contexte particulier des défis sanitaires de l'Afrique, la thérapie à base d'asticots pourrait contribuer à une réelle amélioration du traitement des blessures. L'Organisation mondiale de la santé estime que la non-guérison des blessures cause autant de décès que la malaria. Demeure le problème de la livraison des asticots dans des zones isolées. Il faut donc mettre en place un système intégré, comme celui du Centre

Songhai au Bénin. L'élevage des asticots curatifs a aussi le potentiel pour créer de nombreux emplois en évitant l'importation de matériels et d'équipements onéreux.

Le Bénin, une ancienne colonie française frontalière du Nigeria, faisait partie du royaume du Songhai, région ayant une riche tradition historique, avant que les Français et les Anglais ne créent des frontières artificielles, détruisant une culture entière. En 1984, le père Godfrey Nzamujo, originaire du Nigeria, a entrepris un plan ambitieux pour créer une exploitation agricole intégrée qui assurerait la sécurité alimentaire des populations de la région. Nous avons déjà décrit comment il a initié le centre Songhai à Porto Novo, au Bénin. Comme tout programme agricole comprenant de l'élevage et un abattoir, le maintien d'un haut niveau d'hygiène est un défi majeur. Que faire avec les abats et les portions de carcasses qui ne sont pas facilement transformables en viande et saucisses ? Lorsque la maladie de la vache folle a balayé l'Europe, on s'est rendu compte que ces rebuts étaient convertis en aliments pour animaux. Les abattoirs européens ont été contraints d'incinérer tous leurs déchets. Le Père Nzamujo a proposé une approche différente : les donner aux mouches comme nourriture, comme c'est le cas dans la Nature, mais dans un environnement contrôlé.

Il a appliqué un vieux principe fermier chinois : lorsque vous faites face à des espèces nuisibles, il faut leur donner ce qu'elles aiment manger. Il faut leur réserver un endroit bien délimité avec leurs aliments préférés, et ainsi elles débarrasseront les champs que vous voulez cultiver en paix. C'est ce qui se passe avec les mouches, toujours malvenues dans un cycle de production alimentaire. Tuer les mouches avec des produits chimiques, c'est comme tuer des bactéries : c'est une

perte de temps et d'énergie. Leur métabolisme et leur mode de vie sont tels qu'elles seront toujours présentes et nombreuses.

Le Père Nzamujo a donc délibérément réservé une place pour les carcasses afin de permettre aux mouches d'en profiter tranquillement. Il a même pensé à couvrir cette zone de filets de protection afin d'éviter que les vautours ne viennent faire le travail des mouches. Rappelons brièvement la cascade d'événements de Songhai. Les mouches rappliquent et déposent leurs œufs. Les asticots éclosent et engraissent sur les carcasses. Les enzymes sont récupérées par immersion des asticots dans de l'eau. Les asticots sont alors donnés à manger à des cailles. Les cailles bien nourries pondent des œufs qui sont exportés vers la France. Une autre partie des asticots est donnée à des poissons, lesquels constituent une alimentation vivrière locale. Les déchets de poissons servent d'engrais pour les cultures végétales... Comme le dit le Père Nzamujo, « c'est facile en Afrique, car les engrais et les pesticides sont difficiles à trouver et, quand ils sont disponibles, ils sont trop chers ». Nourrir les poissons et les cailles avec des asticots est une activité lucrative sous bien des aspects. Et les enzymes aux vertus curatives régurgitées par les asticots ne sont qu'un des composants d'un système riche de plusieurs débouchés. Pas besoin de sortir de Polytechnique pour mesurer l'impact en matière d'emplois et de richesse créés. Si l'on songe que l'Afrique importe la majorité de ses médicaments, la possibilité d'utiliser une source endémique est un bénéfice incroyable. Il y a à peu près quinze mille abattoirs en Afrique. De plus, de nombreux animaux sont abattus ponctuellement dans les villages (il y en a plus de deux cent mille). Si chaque abattoir ajoutait à ses activités

une ferme aux asticots, un élevage de poissons et un autre de volaille (pas obligatoirement des cailles, mais aussi des poulets ou des dindes), cela créerait de trois cent mille à cinq cent mille emplois porteurs de meilleures conditions de vie et d'hygiène. Le tout sans faire appel à des matières premières supplémentaires, car ce qui sera utilisé est actuellement détruit ou abandonné. Ce serait l'élimination d'un autre risque sanitaire : les carcasses abandonnées et pourries. À cette échelle, la production d'enzymes d'asticots serait suffisamment abondante pour pouvoir envisager des exportations. Mais le bénéfice le plus évident serait la disparition de tous les cas de blessures bénignes mal soignées qui conduisent à une amputation quasi certaine.

Le Bénin a été la première pierre de l'édifice. Deux frères, Jason et David Drew, qui avaient fait fortune en gérant des centres d'appels en Afrique du Sud, ont renoué avec leurs rêves d'enfant grâce à la mouche du soldat (*hermetia illucens*) et ses asticots. Jason en a même écrit, avec Justine Joseph, un drôle de livre, *The Story of the Fly, And How it Could Save the World*[1], (« L'histoire de la mouche, et comment elle pourrait sauver le monde »). David, après avoir expérimenté en coopération avec l'université de Stellenbosch la culture des asticots dans une petite ferme de Franshoek, a lancé une production à grande échelle sur le site d'Elsenburg, à côté du Cap. Le but est d'atteindre le volume de 50 tonnes par jour (contre les 7 à 8 tonnes par mois du centre Songhai) et il ont levé plus de 100 millions d'euros de capital à Londres pour une expansion mondiale. Brisbane (Australie) est une des villes prêtes à mettre en place de grandes opérations

1. Vine House, 2001. Non traduit en français.

de culture d'asticots, avec un objectif de production de 100 tonnes par jours. L'Argentine s'est montrée également fort intéressée. Cela peut paraître énorme, mais cela ne correspond qu'à 500 carcasses de vaches par jour (une quantité infime par rapport à toutes les bêtes tuées chaque jour en Afrique du Sud, en Australie ou Argentine). Le potentiel à une échelle mondiale serait donc extraordinaire.

Les deux frères ont développé AgriProtein et se sont engagés à avoir un impact positif non seulement sur les abattoirs africains mais aussi sur les stocks de poissons dans le monde. Leur mission est claire : pour chaque tonne de larves, sauver une tonne de farine de poisson tout en fournissant des protéines vitales. Le gouvernement australien, soucieux de promouvoir les innovations, leur a décerné un prix de 500 000 dollars dans le cadre du Blue Economy Challenge (le « défi de l'économie bleue »), démontrant une fois de plus le désir de certains décideurs du monde entier de promouvoir une production efficace de protéines qui ne dépende pas du soja, du maïs ou du poisson sauvage surpéché.

Les frères Drew et le Père Nzamuja ne sont pas les seuls à mener des missions aussi ambitieuses. Hilderman Pedraza Vargas, médecin de l'Université nationale de Colombie à Bogotá, a lancé maintes petites unités de production. À mesure que cet exemple se propage, des dizaines de fermes à asticots apparaissent. La raison du succès est simple : c'est facile, rapide, génère des revenus vingt-quatre heures sur vingt-quatre, sept jours par semaine, et vous pouvez faire beaucoup de bien ainsi. Le lancement des opérations en Europe ont été plus compliqué, toute nourriture provenant des abattoirs étant suspectée de causer la vache folle. Une opération

hollandaise a fait faillite par manque d'autorisation même si tout les études confirmaient que le système digestif ne laisse aucune membrane intact. En effet, les asticots sont le système d'hygiénisation de la Nature, efficace et produit de millénaires d'évolution.

Après le débacle des aventuriers hollandais maintes autres initiatives ont réussi et convaincu les responsables politiques et administratives. En France il y des belles opérations. Protifly, un des pionniers du secteur fondé par Maxime Baptistan et Bastien Quinnez, a reçu le Prix Famae, doté de quelques 300 000 euros. Ynsect, NextAlim et Entomo Farm montrent qu'il y a un dynamisme dans le secteur et que la France y accueille des entrepreneurs. Johan Jacobs a créé la société Millibeter en Belgique qui recycle les déchets verts des supermarchés pour nourrir les asticots de son laboratoire à Anvers, en Belgique. À l'image de l'intérêt pour les insectes en tant que source de protéines, Johan Jacobs développe le marché des huiles et lipides dans une approche cosmétique. Avec cette approche il vise de plus values élevées ce qui permet des opérations rentables à une échelle plus petite. En 2019, plus de cent initiatives ont vu le jour à travers le monde, se faufilant dans les interstices du marché. Et beaucoup encore s'apprêtent à démarrer.

## Le « coup de main » des moustiques

Espérons que les asticots auront gagné votre respect ! Que penser alors... des moustiques, autres membres éminents de la liste des nuisibles inutiles ? Pour beaucoup, une piqûre de moustique, c'est, au mieux, une pénible irritation, au pire, une démangeaison insupportable.

L'image photographique d'une moustique qui inserte sa trompe dans la peau révulse pas mal de gens. Mais pas Tetsuya Oyauchi, de la société Terumo, grande entreprise japonaise de fabrication d'équipements médicaux, et Masayuki Okano, dirigeant d'une petite entreprise de métallurgie, dont la curiosité avait été « piquée au vif » par la piqûre indolore du moustique ! Okano se demandait : « Pourquoi nos seringues font-elles si mal, alors que les moustiques sont capables de nous sucer du sang sans que nous nous en apercevions le moment même ? ».

Un certain nombre de personnes ont une réelle aversion pour les piqûres : cela va faire mal. Envisager une piqûre est source d'anxiété pour beaucoup, et certains patients peuvent même s'évanouir ! Quand les ingénieurs de Terumo ont découvert ce qui permettait aux moustiques de pomper leur subsistance sans nous faire souffrir, ils ont été confondus devant tant de simplicité mécanique : tout était une question de taille et de forme conique ! La trompe du moustique est plus fine à son extrême pointe, puis s'évase graduellement. Il avait été admis, traditionnellement, que la section d'une aiguille de seringue devait être constante : ne pas avoir le même diamètre partout semblait une stupidité rendant l'injection de substance plus difficile. C'est pourtant cette constante cylindrique qui rend les piqûres douloureuses. Okano est considéré au Japon comme le « magicien du métal ». De fait, il a réussi à façonner une feuille d'acier inoxydable extrêmement fine en cône évidé. Oyauchi, de son coté, a mis à profit sa connaissance de l'instrumentation médicale pour améliorer et développer une aiguille qu'il a baptisée « Nanopass 33 Syringe ». Le diamètre à son extrémité est de seulement 0,2 millimètres, ce qui est 20 % plus petit que celui des autres seringues. Rouler

le métal en forme de cône avec des contours bien précis confère à la pointe sa finesse. La pointe peut donc être super fine et s'évaser progressivement, tout comme la trompe d'un moustique. Le problème des piqûres douloureuses est donc résolu !

Le brevet de Terumo portant sur une « aiguille d'injection et un instrument d'injection d'un liquide » a été homologué en 2004. Les aiguilles hypodermiques de Terumo sont désormais le standard pour les besoins quotidiens de malades souffrant de diabète. Rien qu'au Japon, on compte près de six cent mille diabétiques ayant besoin d'une injection quotidienne d'insuline. Aux États-Unis, c'est 8 % de la population (soit près de vingt-trois millions de personnes) qui souffrent de diabète. Les aiguilles de Terumo visent donc les besoins d'un nombre immense de patients et, comme elles nécessitent moins de métal, c'est aussi un gain net en termes d'efficacité matérielle. L'aiguille Nanopass 33 a reçu le Grand Prix du Design lors de la conférence annuelle du Japan Industrial Design Promotion (« promotion du design industriel japonais ») en 2005. En recevant son prix, Okano a commenté : « C'est amusant de fabriquer quelque chose qui n'existait pas dans le monde industrialisé et de réaliser quelque chose que personne ne croyait possible. » Comme dans le cas de la soie, c'est un autre exemple montrant comment les emprunts à la géométrie simple de la Nature peuvent aider à concevoir des produits *et* répondre à des besoins. Certes, on ne peut pas dire que l'aiguille Terumo a créé de nouveaux emplois, mais elle a spectaculairement réduit les souffrances de tous ceux à qui on fait une piqure, ce qui la place bien au-dessus d'autres technologies de rupture pour lesquelles nous faisons preuve d'une immense indulgence !

**La propulsion des gaz à la manière du scarabée**

Dans la Nature les écosystèmes ont d'abord recours à la physique avant de faire appel à la chimie. S'en souvenir, c'est repenser un marché immense : celui des gaz propulseurs. Mario Molina, chercheur de l'Université de Californie, associé à Sherwood Rowland, a reçu le prix Nobel de chimie pour ses travaux, publiés en 1974, identifiant les gaz propulseurs comme une des causes de la détérioration de la couche d'ozone. Les travaux de ces deux savants ont conduit, dans le cadre du Protocole de Montréal, à l'interdiction des gaz chlorofluorocarbures (CFC) et de leurs dérivés. Les solutions alternatives trouvées par les industriels illustrent de façon criante comment créer moins de dégâts. Mais moins de dégâts, c'est quand même encore en créer.

On a besoin de gaz propulseurs dans des dizaines de produits de la vie quotidienne : laques, brumisateurs, produits nettoyants, pulvérisateurs de bactéricides ou d'antihistaminiques, etc. La technologie de pulvérisation permet de contrôler la taille des gouttes, la vitesse et la température ; cette technologie est aussi utilisée dans les systèmes d'injection des moteurs automobiles. Plus récemment, ces solutions chimiques ont été remplacées dans les bombes aérosols par des diffuseurs à haute pression. C'est l'illustration même des efforts d'une chimie pour aller dans la bonne direction sans pour autant éliminer les effets induits (ici, l'inhalation de nouveaux effluents chimiques avec des possibles effect nausives inconnus au début).

La quête d'une solution parfaite ne devrait pas empêcher de mettre en place une bonne solution, mais la recherche de l'élimination complète des risques

devrait rester la priorité. Dans le cas des gaz propulseurs, elle est enfin possible si on s'inspire de certains coléoptères : les scarabées bombardiers *(brachinus carabidae)*. Ils ont une capacité à projeter des liquides qui pourrait nous aider à améliorer la distribution de médicaments respiratoires, l'efficacité des carburants automobiles, la réduction des émissions des systèmes d'injection de carburant et la diminution des risques d'explosion dans les mines. Le scarabée, qui a survécu à l'évolution du temps, nous enseigne une technique extraordinaire.

Dans un univers fait de proies et de prédateurs (attributs non exclusifs), tout tourne souvent autour de la nourriture et de la protection. Le scarabée bombardier est un survivant. Long de deux centimètres, ce coléoptère utilise un système de projection pour se défendre des fourmis. Il a la capacité de projeter un liquide irritant à une température pouvant atteindre 100 °C à une distance représentant dix fois sa taille. Il fabrique la substance projetée par une réaction d'hydroquinone avec du peroxyde d'hydrogène stocké dans des glandes spéciales. Son corps, sorte de chambre de combustion d'un centimètre de diamètre, agit comme une cocotte-minute. Le liquide est maintenu sous pression, une valve s'ouvre et le jet de liquide s'échappe. Le scarabée réussit à reproduire ce cycle très rapidement, puisque sa cadence de tir est de 400 à 500 cycles par seconde. Ce type de contre-attaque n'est même pas envisagé dans des jeux online. Le professeur Andy McIntosh a découvert le bombardier grâce à Tom Eisner, un entomologiste de l'université Cornell aux États-Unis. Il décrit le phénomène comme une « explosion de vapeur d'une super intensité ».

Ce mécanisme ingénieux, qui distribue uniformément dans l'air une substance en particules de deux nanomètres, à une cadence de vingt coups par seconde (vingt fois moins rapide que le scarabée) a été modélisé par les scientifiques qui réussissent maintenant à le reproduire. Les bulles issues de la réaction chimique entre l'hydroquinone et le peroxyde d'hydrogène sont si fines que le ratio surface/volume de liquide projeté est énorme, ce qui améliore l'efficacité du produit. Pour McIntosh, « personne n'avait étudié les coléoptères bombardiers dans une perspective physique ou utilitaire. Au début nous n'avons même pas imaginé tout ce que cet insecte pouvait nous enseigner. » Les plus récentes découvertes ont la capacité d'éliminer tous les gaz propulseurs responsables du trou dans la couche d'ozone tout en améliorant l'efficacité du jet projeté. Lars Uno, un entrepreneur suédois, séduit par cette solution, a commencé à financier son industrialisation. Une fois en place, cette technologie pourra en inspirer d'autres pour de nombreuses applications. C'est un autre exemple de comment la Nature exploite les lois de la physique pour dramatiquement augmenter la précision du procédé et économiser énergie et matières premières.

## Le café sans caféine

Plus de la moitié des citoyens français aiment – ou ont besoin – de leur tasse de café. Le composant souhaité pour ingestion c'est la caféine. Cette molécule complexe s'approchant des structures des opioïdes, sans être addictif, est un stimulant pour l'être humain. D'ailleur ce sont les tribus bédouin à Yemen qui

notaient le comportement super-actif des chèvres après ingestion de cerises rouges/vertes. La fonction de la caféine pour la plante n'est pas de stimuler les cerveaux, la caféine est une insecticide. Mais la molécule est si complexe et sa production demande un tel effort de la plante qu'une quarantaine de variétés de café intelligentes de Madagascar, et deux variétés de thés chinois ont éliminé la caféine. C'est une stratégie fascinante. En effet, les insectes avaient compris qu'un repas avec caféine serait au détriment de la santé et tous les descendants ont adapté leur ADN et évitent sans y penser le café. Les quarante variétés malgaches sont une révélation pour les commerçants du café.

Aujourd'hui plus de 10 % des consommateurs souhaitent pouvoir boire un café le soir sans perdre le sommeil et préfèrent leur boisson décaféinée. Le procédé ne consomme pas seulement des grands volumes d'eau et de l'énergie, mais la richesse de la saveur qui caractérise le café en est réduite, voire abîmée. Mais la Nature offre sa sagesse, et les cafés naturellement sans caféine sont en train de passer par une cultivation à une plus grande échelle après que le Centre National de la Recherche appliqué au développement rural (FOFISA dans son abréviation en malgache) a soigneusement conservé la biodiversité dans un parc de onze hectares. C'est lors de la visite de Bertil Akesson, entrepreneur malgache au nom suédois, qu'a été découverte cette richesse qui permet de cultiver ces variétés, de les tester, et comme ces espèces ne croient que sous le sombre des arbres la découverte du café sans caféine permet, grâce aux coûts économisés, de regénérer des forêts. Les options sur les 100 000 premiers hectares ont été prises.

## Innovations combinées

Les enseignements que l'on peut tirer de l'observation de ces quelques innovations sont qu'en combinant plusieurs de ces technologies nous pourrions réinventer notre approche de la santé et de la santé de notre planète. Repenser notre approche actuelle, c'est rechercher et promouvoir des solutions qui remplacent « quelque chose par rien » !

Pour y arriver, ou au moins pour se rapprocher de ce but, nous avons besoin de plus de contributions. Pour tirer tous les bénéfices d'une nouvelle façon de voir et d'agir, il faudrait pouvoir assembler des furanes contrôleurs de bactéries ou des enzymes d'asticots avec des projections inspirées des scarabées bombardiers. Plus besoin de jeter ou de traiter des déchets potentiellement dangereux et polluants, puisque nous n'utiliserons qu'une fonction naturelle ou un composant renouvelable. La vraie évolution ce n'est pas quand une espèce survit, mais quand une forme de collaboration et des relations d'équilibre se mettent en place ; tant d'espèces animales ont évolué en adaptant leurs techniques pour atteindre la symbiose, afin de satisfaire leurs besoins et d'améliorer leurs chances de survie !

Pour les entrepreneurs, l'enjeu n'est pas seulement de créer de nouvelles piles ou de nouveaux antibiotiques, mais d'essayer d'associer et de combiner les systèmes pour promouvoir le vrai développement durable, y compris la création de plus d'emplois. L'envergure des bénéfices du système doit être plus grande que la somme de chaque élément individuelle. Ces exemples ne sont que la face émergée de l'iceberg. Au cours du siècle passé, dans le domaine de la lutte bactérienne, la

science moderne est passée des succès probants à des combats d'arrière-garde, parfois au risque de nouveaux dangers. La Nature, de son côté, a depuis le début pris la mesure des virus et des bactéries. Les vers de terre et les berbéris produisent des antibiotiques puissants et ont résisté aux attaques bactériennes depuis des millions d'années. Les scarabées bombardiers ont survécu à des armées de fourmis, une espèce que nous reconnaissons comme une des plus intelligentes de la création. Cela ne devrait pas seulement nous inspirer du respect et de l'admiration pour la biodiversité et les écosystèmes, mais nous motiver à protéger des espèces qui ne nous ont pas encore tout montré de leurs fantastiques pouvoirs et éviter leur disparition. C'est la chance de l'humanité que de collaborer avec une Nature si cohérente et évolutive.

## Redéfinir le progrès

Paolo Lugari, le fondateur de Las Gaviotas, le village autonome de Colombie qui a entrepris de régénérer la forêt tropicale pour fournir de l'eau en abondance, n'a pas seulement ressuscité une forêt, il a aussi régénéré la biodiversité. Maintenant que l'eau potable est à la portée de tout le monde, il offre de l'eau gratuite à la population locale, quotidiennement disponible par le robinet dans chaque maison en éliminant toute sorte d'emballage. En outre, chaque enfant à l'âge de six ans reçoit gratuitement un vélo. Alors, que se passe-t-il quand une nouvelle génération profite d'une bonne eau potable à la maison et de tours en bicyclette dans un écosystème prospère et responsable ? L'hôpital local a dû être fermé par manque de patients.

Comment pensez-vous que nous mesurons le progrès et la prospérité ? Certains comptent le nombre de lits d'hôpital disponibles, nous suggérons que la qualité de vie soit mesurée par le nombre de lits qui ne sont plus nécessaires.

## Santé et biodiversité

La recréation de la biodiversité à Las Gaviotas est une exception. Notre but est que cette approche devienne la norme. La diminution (quand ce n'est pas la destruction) de la biodiversité réduit nos chances d'apprendre d'espèces réactives comment s'adapter et se réinventer. Ainsi de la grenouille rheobatrachus, une espèce australienne qui n'a hélas pas survécu aux pesticides, aux herbicides et à l'introduction d'espèces exogènes[1]. Cette grenouille aurait pu nous enseigner beaucoup de choses sur la digestion, le contrôle des sucs gastriques et la cohabitation avec les bactéries. Au moment de la conception, la femelle grenouille avalait sa progéniture pour la préparer dans son estomac avant de la lancer dans la vie sauvage. Comme c'est une mesure de protection, la grenouille a dû apprendre à se débarrasser des acides gastriques en contrôlant le pH de son système digestif. La première phase de la vie d'une petite grenouille se passait donc dans un environnement alcalin, et un estomac alcalin est une exception. Dans la Nature, nous apprenons toujours des exceptions qui confirment la règle. Quand le monde entier observe les lois de la physique, les espèces ont trouvé des solutions uniques.

---

1. L'espèce a disparu dans les années 1980.

Il y aurait eu beaucoup à apprendre de la rheobatrachus en matière de digestion. Les ulcères de l'estomac ou les cancers gastriques ne font pas partie des maladies les mieux connues et soignées. Les docteurs Barry Marshall et Robin Warren ont quand même réussi à identifier la bactérie responsable des ulcères et des cancers stomacaux, ce qui a permis de grandes avancées dans les traitements. Ils ont reçu le prix Nobel de chimie en 2005 pour ces travaux. Mais, hélas pour eux comme pour nous, le savoir d'une grenouille capable de contrôler l'acidité lors de la digestion est perdu. Ce n'est malheureusement qu'un exemple de tout ce que nous massacrons sans nous en rendre compte. Des milliers d'espèces sont menacées par notre ignorance.

Notre belle planète bleue ne fournit pas seulement nos moyens de subsistance, mais aussi les recettes du bonheur. Il est temps d'entendre les messages géniaux des écosystèmes pour mettre en place les adaptations douces, gages de notre survie, de celles des espèces vivantes, de la Terre.

# 11
# Un arc-en-ciel de possibilités

## La perception de la lumière

Le défi de l'économie bleue est de ne laisser aucune source de côté. Utiliser la lumière est donc une évidence ! Ce chapitre va présenter quelques voies innovantes et audacieuses pour tirer le meilleur parti de ce don du ciel. Vous en avez pris l'habitude, commençons par un peu de physique. La lumière visible est faite de photons, c'est-à-dire de rayonnements électromagnétiques cheminant en lignes droites pour rebondir sur les objets et être absorbés par la cornée de l'œil, qui est courbe et transparente. Lorsque ces photons traversent la cornée et le cristallin, ils passent d'un cheminement dans l'air à un cheminement dans un liquide. Ce liquide contient des protéines aux propriétés réfractaires qui amènent les photons à changer de direction pour aller se concentrer sur la rétine qui, en définitive, est une paroi de cellules sensibles à la lumière. Ce procédé est amélioré par la capacité que possède la pupille à adapter son diamètre afin de n'admettre que la bonne quantité de lumière. Par ailleurs, des muscles dédiés ajustent en permanence la courbure du cristallin pour

une mise au point encore meilleure. D'autres muscles, ceux-là externes à l'œil, s'affairent à maintenir l'angle de vision tout en balayant en permanence le champ de vision. Les photons viennent donc frapper une molécule dans la rétine (une forme modifiée de vitamine A), la forçant à réagir par le déclenchement d'une série de réactions biochimiques complexes dans la cellule, qui à son tour émettra un signal électrique à destination du cerveau. Cette information en provenance de millions de photoconducteurs rétiniens est alors utilisée pour fournir des détails de contrastes et de couleurs. Les images inversées formées par les deux rétines sont mentalement interprétées et retournées pour se révéler à nous. Quand la pupille est sujette à une lumière bleue, celle de la journée soit d'une LED de la premiere génération, l'œil se connecte avec 5 millions de neurones. Mais quand la lumière autour de nous est rouge, jaune, verte avec peu de bleue, le cerveau reconnaît que c'est la lumière de nuit, ouvre la pupille aux maximum et se connecte avec 120 millions de neurones. C'est vingt-quatre fois plus grâce à notre sensibilité nocturne. C'est ce processus que votre œil vient d'accomplir en parcourant ces lignes.

Les lentilles sont un composant fondamental de l'art optique. Elles réfléchissent la lumière, créant ou dispersant un faisceau. Les plus anciennes lentilles manufacturées datent de 3 000 ans et ont été découvertes en Assyrie. Plusieurs animaux ont élaboré des lentilles depuis des centaines de millions d'années : les pieuvres savent créer de fins films lenticulaires, les étoiles de mer savent fabriquer des lentilles anti-déformation. Ces deux prodiges prouvent que notre savoir en optique reste encore modeste et qu'il existe un incroyable potentiel pour des applications commerciales.

De nouvelles applications apparaissent sur le marché de façon parfois surprenante. Au Japon, les libellules sont symboles de joie et de lumière. Elles nous rappellent que nous sommes lumière et que, si nous le voulons, nous pouvons interagir avec la lumière de mille et une façons. Le pouvoir des libellules de créer de l'énergie par l'absorption et la concentration de la lumière ne pouvait que passionner les chercheurs en énergie. Les centrales solaires thermodynamiques (CST) à concentration (ou centrales hélio-thermodynamiques[1]) représentent une technologie émergente. Dans une zone désertique du sud de l'Espagne, la société Abengoa a positionné mille miroirs qui réfléchissent les rayons du soleil pour porter à très haute température une colonne d'eau. C'est exactement ce qu'accomplissent les ailes d'une libellule. Hélas, lorsque la crise a frappé l'Espagne, les emplois ont été perdus et les subventions supprimées. Mais le concept inventé en Italie dans les années soixante par Giovanni Francia qui monta la première installation près de Genoa demeura. La moitié des installations se trouvent en Espagne. Solarus, une start-up suédoise, applique la même logique pour profiter de la lumière du soleil sur les deux côtés d'un panneau photovoltaïque, refroidi par de minuscules tuyaux d'eau, et combinant chauffage de l'eau et captation améliorée de l'énergie solaire. Les prévisions d'élimination de rejet de $CO_2$ dans l'atmosphère grâce aux CST sont de 2,1 milliards de tonnes en 2050. Les investissements en CST devraient dépasser les 80 milliards d'euros et créer deux millions d'emplois. La technologie de la lumière est, elle, susceptible de persister.

1. En anglais, *concentrating Solar Power Plant* (CSP).

## La lumière que les humains ne voient pas

Fondamentalement, la lumière est un univers d'ondes aux longueurs diverses. Parmi les presque un milliard de fréquences se trouvent celles que nous voyons et qui forment la couleur, mais aussi celles que nous ne voyons pas. Les rayons ultra-violets ont une fréquence supérieure à ce que nous reconnaissons comme le violet, d'où leur nom. La lumière ultraviolette est à une fréquence trop élevée pour que l'œil humain puisse la distinguer. Les bénéfices potentiels des UV sont bien connus : ils peuvent soigner des maladies de peau comme le psoriasis, ils favorisent la métabolisation de la vitamine D dont nous avons besoin pour calcifier nos os. Mais les UV sont aussi un moyen d'éradiquer les mites qui pullulent dans les moquettes, les tapis et les garnitures de siège. Les UV aident également au traitement des bactéries dans les piscines de façon plus efficace que les solutions chlorées toxiques.

Il y a, bien évidemment, des contre-indications à une exposition excessive aux rayons ultra-violets, qui peuvent causer des cancers de la peau. Les fabricants de cosmétiques font preuve d'une imagination sans limite pour vendre des produits sensés nous protéger des « dangereux » UV. Parmi leurs stratégies, il y a l'emploi de l'oxybenzone, un polymère qui absorbe les UV mais est potentiellement cancérigène. Dans les laboratoires, l'oxybenzone est assez inoffensif, mais exposé à la lumière naturelle il devient super-actif et peut détériorer l'épiderme. L'oxyde de zinc et de titane, qui bloquent les UV, sont aussi des molécules couramment utilisées. Une étude récente de l'Université de Californie Riverside a montré que pour être efficaces, ils doivent

être renouvelés toutes les deux heures, sinon ils sont « consommés » par le soleil et libèrent des radicaux libres qui vont attaquer la peau plus encore que les UV.

De nombreuses espèces vivantes se sont adaptées pour résister à des expositions prolongées aux UV. Au premier chef, on trouve les plantes qui ont besoin de lumière pour la photosynthèse. Enracinées, elles n'ont pas la possibilité de trouver de l'ombre lorsque le soleil tape trop fort et doivent donc disposer de leur propre protection. De nombreux animaux sont vulnérables à une exposition prolongée aux UV mais – l'avez-vous remarqué ? – aucun animal n'utilise de crème solaire. La faune et la flore ont donc sûrement beaucoup de choses à nous apprendre dans la lutte contre les effets négatifs de la lumière solaire. L'edelweiss, l'emblème non-officiel de l'Autriche, a été étudié en détail par le savant belge Jean-Pol Vigneron. Cette petite plante ne réfléchit pas les UV mais au contraire les absorbe par des milliers de petits poils protecteurs. De nombreux lichens et champignons survivent dans l'Arctique, l'Antarctique ou les déserts, des zones où l'exposition aux UV est extrême. Ils ont très souvent des pigments absorbants. Par exemple, des chercheurs ont pu isoler chez un champignon une microsporine photosensible vivant en symbiose avec une micro-algue. Il s'agit de la *collema cristatum*. Appliqué pur avant irradiation, ce composé empêche la destruction des cellules. Nous ne sommes qu'au début de l'analyse et de la compréhension des techniques de protection des lichens, mais on peut d'ores et déjà envisager des pistes incroyables, notamment quand on songe aux dommages causés à la Terre pour extraire les métaux « protecteurs ».

**Perception de la couleur et évolution**

Notre mécanisme de vision s'est développé il y a environ 540 millions d'années pendant ce que les savants appellent l'explosion cambrienne. Soudain, sur une période d'un million d'années (une seconde à l'échelle de l'évolution) et pour des raisons inconnues, une immense évolution des espèces a eu lieu. Les créatures de cette période se sont mises à avoir des carapaces, des écailles et des pointes, elles se sont parées des couleurs les plus incroyables. La possibilité de voir et de distinguer ces phénomènes devenait un des aspects dominants de l'évolution. Une bonne vision devenait un gage de survie tant pour la proie que pour le prédateur. La nourriture était plus facile à apercevoir, les ennemis à identifier et les amis à reconnaître. Certaines espèces ont évolué vers des couleurs franches et des motifs compliqués afin de se fondre dans leur environnement, de séduire leurs compagnons ou d'effrayer leurs prédateurs.

Les descendants de l'ère cambrienne (oiseaux, mammifères, reptiles, poissons, mollusques et autres scarabées) ont tous développé leurs capacités optiques et de coloration. Certaines grenouilles ont des couleurs repoussantes pour indiquer aux prédateurs qu'elles ne sont pas comestibles. Le serpent *lampropeltis triangulum*, qui n'est pas venimeux, trompe ses ennemis en copiant le code couleur des serpents à sonnettes, bien plus redoutable. La seiche peut changer de couleur en quelques millisecondes pour se fondre dans le décor. Les caméléons peuvent se couvrir de taches ou de rayures pour se dissimuler. Les poissons-perroquets peuvent changer de sexe et d'apparence : quand un mâle est tué, la femelle dominante va changer de sexe

et se couvrir des magnifiques couleurs du mâle. Les perroquets peuvent distinguer les rayons UV et se voient tous multicolores, même ceux que nous, les humains, voyons gris. Il existe une espèce de souris qui a le pouvoir d'être couleur sable quand elle vit sur une plage et sombre quand elle vit dans les terres. Quels enseignements pouvons-nous tirer de toutes ces merveilles d'adaptabilité, de survie et, parfois, de coquetterie ?

Les pigments sont des substances chimiques produites par de nombreuses espèces animales et végétales qui ne font que bloquer une certaine longueur d'onde. Une grenouille n'est pas verte parce qu'elle a un pigment vert, mais parce qu'elle réfléchit le bleu et le jaune de la lumière. Les fourrures de l'ours blanc ou du renard de l'Arctique sont, elles, vraiment claires, car elles n'ont pas de pigments bloquant les différentes longueurs d'onde. Leurs pelages reflètent tout le spectre, comme la lumière blanche.

Le scarabée cyphochilus a une carapace d'un blanc immaculé. Sa carapace est composée d'écailles d'une épaisseur inférieure à cinq microns (dix fois plus fin qu'un cheveu) dont la structure de surface absorbe et réfléchit simultanément chaque couleur. Les produits minéraux que nous utilisons pour le papier, le plastique ou la peinture ont besoin d'être deux fois plus épais pour produire le même effet.

De nombreux animaux doivent leur coloration à des pigments qu'ils métabolisent. D'autres trouvent leurs pigments dans leur alimentation. La couleur flamboyante de l'ibis rouge provient des crabes et des crevettes qu'il consomme, lesquels se nourrissent d'une algue rouge. Imaginez que nous puissions prendre la couleur de ce que nous mangeons !

Quasiment tous les bleus du monde animal, y compris celui de la libellule agrion porte-coupe (*enallagma*

*cyathigerum*), ne sont pas dus à des pigments bleus mais à la structure de fins tissus capables de contrôler et d'augmenter la bonne longueur d'onde.

Certaines espèces ne produisent pas de pigments mais ont des microstructures géométriques dans leurs poils, plumes, écailles ou pétales qui leur permettent de diffracter la lumière. C'est souvent la kératine qui permet cette construction, la même matière dont notre corps fait ses ongles.

Les oiseaux de paradis et les colibris ont des plumes ayant des reflets métalliques somptueux. Les effets de couleur des scarabées égyptiens ont été copiés par les bijoutiers depuis des millénaires, mais sans jamais pouvoir être reproduits à l'identique. Certaines orchidées améliorent leur beauté en saupoudrant d'éclats d'or et d'argent leurs pétales, une technique aussi utilisée par la violette du cap (*saintpaulia*). Au fil des millénaires, instruits par leurs mille tentatives, de nombreux organismes ont perfectionné les moyens d'obtenir des colorations métalliques sans qu'aucun métal ne soit présent. Les structures sous-jacentes qui génèrent ces colorations varient largement d'une espèce à l'autre. Andrew Parker, un expert de ce fascinant domaine et auteur de deux livres extraordinaires[1], a décrit un coloriste exceptionnel : l'aphrodite de mer (*aphrodita aculeata*), un petit animal marin recouvert de poils iridescents dont les effets sont une pure beauté.

---

1. *In the Blink of an Eye: How Vision Sparked the Big Bang of Evolution* (« En un clin d'œil : comment la vision a déclenché le Big Bang de l'Évolution »), The Natural History Museum, 2016 (3[e] édition) ; *The Genesis Enigma: Why the First Book of the Bible is Scientifically Accurate* (« L'énigme de la Genèse : pourquoi le premier livre de la Bible est si scientifiquement précis »), Transworld Publishers, 2010. Livres non traduits en français. (*NdT*)

## Nouveaux pigments

Les premiers pigments utilisés par l'homme étaient d'origine minérale. Des oxydes de fer d'origine naturelle permettaient une large palette de couleurs que l'on peut voir dans les peintures rupestres. À partir du Moyen Âge, la recherche de couleurs stables et permanentes est devenue une industrie florissante et une course vers des procédés chimiques toujours plus complexes. Deux des premiers pigments synthétiques ont été le bleu et le blanc. Le blanc était obtenu en combinant du plomb et du vinaigre en présence de $CO_2$. Le bleu était obtenu avec du calcium de silicate provenant de verre pilé et coloré par un minerai de cuivre (comme la malachite).

Dans le monde moderne, exactement comme à l'ère cambrienne, la coloration sert à attirer l'attention. Mais, de nos jours, les couleurs brillantes et les beaux motifs servent à séduire des clients, pas des amis. Le marketing, les ventes et la consommation de produits tels que la peinture, les encres, les tissus, les plastiques, la cosmétique et la nourriture parient sur la couleur pour se différencier. La demande en couleurs est vaste et illimitée. En 2015, la production mondiale totale de pigments a atteint 9 millions de tonnes, pour des ventes supérieures à 20 milliards d'euros. Cela signifie que le prix moyen d'une tonne de pigment dépasse 2 000 euros, soit quatre fois le prix de la cellulose utilisée dans les pâtes à papier ou de l'huile de palme des biocarburants. C'est un marché haut de gamme aux marges considérables.

Il est assez incroyable que nous consommions autant de vêtements et de produits cosmétiques en nous posant si rarement la question de leurs ingrédients et procédés

de fabrication. Les couleurs actuelles proviennent du cadmium, chrome, cobalt, plomb, mercure, titane et zinc. En fin de compte, nos accessoires de mode dépendent de pratiques minières qui sont tout sauf respectueuses de l'environnement. Je rappelle que de nombreuses utilisations et transformations de pigments sont soumises à des législations très contraignantes du fait de leur dangerosité. Pourtant, aucun industriel n'a pour le moment recours à des pigments biodégradables. Après celle des piles, l'industrie de la coloration est sans aucun doute le deuxième responsable de la présence de métaux lourds dans le sol. Comme les pigments sont conçus pour durer et non pour se faner, ils ne se dégradent pas facilement et peuvent être responsables de niveaux élevés de pollution.

Les couleurs sont reluisantes, mais leur fabrication l'est beaucoup moins. La couleur la plus demandée est le blanc. Du fait de leur grande capacité d'absorption de la lumière, les agents azurants les plus populaires pour « blanchir » le papier, les tissus ou les plastiques sont le chlore, la javel ou le benzène. Ils convertissent l'aspect jaunâtre de l'oxydation en un spectre que notre œil associe au blanc et notre cerveau à la propreté. C'est cette impression que nous valorisons. Pourtant, ils sont soupçonnés d'être allergènes et hautement toxiques. Comment pourrions-nous les produire différemment ? L'espoir est qu'une fois que nous aurons saisi comment la lumière et la couleur ont façonné l'évolution, nous serons en mesure d'utiliser les solutions de la Nature pour façonner les industries de demain.

Andrew Parker a identifié la structure simple qui est responsable de la couleur irisée des oiseaux mouches ou de certains insectes, il sait donc comment produire des colorants métalliques comme la Nature le fait depuis

des millions d'années. Il s'est mis au défi de formuler des couleurs irisées à une échelle industrielle (pour abaisser les coûts de production) en s'inspirant des stratégies créatives de la Nature. Il pense à juste titre que si ces brillantes couleurs peuvent être obtenues à partir d'éléments physiques et biochimiques, comme le font les plantes et les animaux, elles toucheront le marché en croissance des consommateurs qui recherchent des solutions alternatives non toxiques ou non polluantes. Son ambition est de développer un portefeuille de solutions pour de multiples industries. La photonique pourra se passer du cadmium, du plomb ou du chrome !

Les techniques de fabrication seront aussi simples que la production de verre. Si cela marche, le potentiel est vaste. Les essais préliminaires sont convaincants. La première application sera pour les cosmétiques, un secteur ayant un intérêt particulier à proposer des couleurs nouvelles. Les entreprises cherchent des stratégies de différenciation dans leurs efforts marketing pour faire des produits « frais et naturels ». Les pistes de recherche de Parker s'annoncent comme de véritables révolutions techniques. La difficulté majeure du projet est l'organisation de l'approvisionnement.

En plus de la cosmétique, le secteur du verre et du cristal, qui traditionnellement a besoin de plomb, peut aussi devenir exempt de chimie toxique. Quand une microstructure représentant un animal en cristal est insérée dans une pièce de verre, on obtient un spectre lumineux. Cela aurait non seulement le même effet visuel que l'animal vivant, mais l'effet serait basé sur un dispositif optique identique à ce que l'animal utilise. Andrew Parker a convaincu le créateur de cristal autrichien Swarovski de saisir l'occasion et répondra comme le premier aux désirs des gens pour ce genre d'ornement.

**Les tomates sont le rouge demain.**

Prenons le temps de nous arrêter sur le cas des tomates. Ne pourrions-nous pas trouver dans la diversité de leurs teintes de quoi produire les pigments de rouge ? Les tomates génèrent des déchets qui sont traités à grande eau, nécessitant des usines de traitement des eaux usées et des pompages importants. Près de 3 % des déchets solides terminent en décharge. Cela paraît insignifiant, car les industriels se concentrent sur la production de produits élaborés plutôt que sur les déchets, mais souvenons-nous qu'un écosystème n'est pas aussi négligent avec ce qu'il laisse derrière lui, il trouve toujours une utilité à un déchet.

Ce que la Nature nous enseigne, c'est que l'utilisation optimale des ressources ne repose pas sur une seule étape ou un seul procédé de transformation. Il y a toujours plusieurs possibilités. Les peaux de tomates pourraient servir à autre chose qu'à l'industrie agroalimentaire. Elles pourraient devenir une source naturelle de colorant alimentaire rouge que d'autres préparations alimentaires pourraient utiliser (le saumon, les compotes de fraises ou les crèmes glacées). Des rouges à lèvres à base de tomates auraient sans doute une certaine classe (en réalité, si les demoiselles élégantes savaient de quoi est composé leur rouge à lèvres préféré, elles opteraient tout de suite pour une autre recette à base de tomates).

L'emplacement d'une usine de transformation de tomates doit être minutieusement choisi afin de minimiser les coûts de transport des zones de production et d'éviter que les tomates fraîches ne s'abîment. Unilever traita 6 % des 40 millions de tonnes de tomates

destinées à la transformation, soit plus de 2 millions de tonnes chaque année avant que l'entreprise ne décide de vendre tout intérêt dans les tomates par manque de rentabilité souhaité. La quantité de ce que les transformateurs de tomates ne traite ou ne transforme pas est énorme. Rien que les peaux représentent un volume de 30 000 tonnes par an. Les anciennes usines d'Unilever étaient bien inspirées de créer des filiales qui produiraient des UV-bloquants à partir du lycopène des peaux de tomates (plus efficace et moins cher que les agents à base de titane). Il s'agit par ailleurs d'une matière première constamment renouvelée gratuite (et même cela diminuerait le coût de traitement des déchets). Malheureusement, Unilever et ses concurrents ont ignoré cette opportunité proposée après analyse très scientifique et détaillé dans sa stratégie financière et marketing.

Les lycopènes sont une famille de produits ayant un vaste potentiel. L'exploitation en aval des peaux de tomates nécessite plusieurs compétences : les techniques d'extraction, la compréhension des UV, la connaissance du marché des crèmes solaires, la connaissance d'autres marchés agroalimentaires. Une usine de traitement de peau de tomate établie à proximité d'une usine de transformation pourrait vendre le lycopène extrait à un prix compétitif pour la fabrication de colorants, de pigments alimentaires et de produits anti-UV. Ce passage de la gestion des déchets à la mise en place d'innovations générerait des emplois locaux, abaisserait les prix (pour des produits de meilleure qualité), remplacerait des pratiques commerciales non durables et réduirait l'exposition aux toxines, remplacées par des lycopènes. Un tel modèle économique, respectueux de l'environnement et financièrement sûr, peut réussir à de nombreux niveaux. C'est exactement la même réflexion

que nous avons mise en application pour le café. Il est temps que la tomate en profite. Et qu'après suivent le thé, les fraises, les denrées, les fruits rouges...

Du point de vue de l'analyse des coûts, les industriels considèrent qu'il est trop onéreux d'utiliser des tomates pour en extraire du lycopène. La conclusion est donc de détruire au lieu de valoriser. Dans ces conditions, les propositions de Parker pour fournir coloration et lutte anti-UV à partir de le tomate ne seront jamais concurrentielles face à l'oxyde de titane. Or, si la matière première était issue de déchets, alors les données du calcul changeraient. Produire deux dérivés à forte valeur ajoutée (protection UV et pigments colorés) à partir d'un flux de déchets est une proposition commerciale avancée. Ce n'est pas la logique qui est pratiquée par les industriels ni enseignée par les écoles de management. S'éloigner du cœur de métier c'est accepter de contempler un problème sous d'autres perspectives. Une source de revenus additionnels obtenus à partir de matière première gratuite génèrera plus de recettes que la seule transformation des tomates. La croissance à deux chiffres sans que la terre produise plus.

La demande mondiale pour les tomates transformées (cuites, tranchées, en boîte, en ketchup, séchées, etc.) pourrait accompagner celle des produits anti-UV, des crèmes de jour, des colorants et des produits de santé. Une telle cascade de produits et de sous-produits remplacerait des usages actuels et, certainement, favoriserait l'avènement de nouvelles applications, donc de revenus et d'emplois, le tout en supprimant des déchets et leurs traitements. Même le groupe italien Barilla, le premier producteur des pâtes dans le monde, est convaincu que la soustraitenance des tomates au chinois n'a plus de sens. Mais, la recherche du prix le

moins cher qui est la leur, en permettant des OGM, ne réponds aux critères de ce livre. La famille Barilla, encore en contrôle de l'entreprise, a néanmoins décidé de changer de stratégie.

## L'eau de la tomate

L'idée de réintégrer les déchets dans les cycles de production de la nourriture nous oblige à réfléchir au concept de la cultivation des tomates. Un kilo de tomates requière 210 litres d'eau. C'est pas beaucoup si on le compare avec le cacao converti en chocolat (17,000 litres) ou la vache transformée en steak (15,000 litres), mais c'est trop quand la région où les tomates sont cultivées est dépourvue d'eau. Malheureusement, c'est le cas dans la majorité des sites idéales en luminescence. Alors Charlie Paton, un professionnel de la lumière se posa la question : où se trouve la concentration d'eau la plus accessible pour les tomates ? Au lieu de chercher dans les napes sous-terraines, les fleuves, la désalinisation, il constate qu'au bord de la mer et des océans même s'il y a un désert derrière, l'air est plein d'eau.

Après les expériences menées dans les îles Canaries, à Oman la première cultivation du monde a vu le jour. Chaque kilo récolté représente un gain net de 3 litres d'eaux potable. Quelle révolution ? L'idée est simple, inspirée par les scarabées de Namibie qui prennent leur « douche » chaque matin en plein désert. Les scientifiques le résument en Delta T : la différence entre la surface et l'air plein d'humidité cause automatiquement la rosée. Cette technique de condensation permanente est transposée sur une grande échelle. L'eau est pompée à dix à vingt mètres de la surface, circule dans des

tuyaux flexible refroidissant la terre et est renvoyé à la mer. Plus chaud il fait dans les serres, davantage d'eau est disponible. Cette ambiance alkaline et légèrement salée contrôle les insectes et fungi permettant une culture bio de 17 000 tonnes par an tout en produisant 50 millions de litres d'eaux.

Quelle est la valeur d'un terrain stérile au bord de la mer ? Un terrain sans eau, sans fertilité, sans électricité, sans travail ? Mais rien ! Si vous achetez ce terrain et vous développez une économie productive et bio, avec des excédents d'eau, auto-suffisant en énergie (solaire) ; quelle est alors la valeur du terrain ? Ceci n'est pas une simple opération de cultivation de tomates, ceci est une regénération d'un territoire, avec la création d'une communauté qui n'utilise que ce qui est localement disponible. Vous devriez rendre visite à cette ferme localisée à Port Augusta, dans le Sud de l'Australie-Méridionale. Ce village était au bord du précipice après la clotûre des mines. Comme Gaviotas y El Hierro, le sort (et la créativité et persévérance) en a décidé autrement.

## La chimie de la tomate

La bioraffinerie. Cette idée a été inventée par le professeur Carl-Göran Hedén, un membre du Club de Rome et de l'Académie royale suédoise des sciences. L'intuition de Hedén était que pour faire face à l'explosion démographique, on devrait pouvoir produire beaucoup de choses avec ce qui a déjà été récolté ou même fabriqué. Imaginant une cascade de nutriments et de matières premières, Hedén a conçu une usine pilote où tous les produits chimiques et les catalyseurs sont

mis en œuvre en circuit fermé. En partant d'un seul arbre, il a extrait la lignine, l'hémicellulose, la cellulose, les lipides et les huiles essentielles ; cela a triplé les ventes, tout en supprimant presque tous les déchets.

Dans le cas de la tomate, on peut calculer le nombre d'emplois qu'il serait possible de créer. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) évalue à plus de 3,5 millions d'hectares les surfaces dévolues à la culture de la tomate pour une production de 150 millions de tonnes. Près de 2 millions de tonnes sont gâchées pour la production d'additifs, de pigments ou d'huile. Ce montant énorme est suffisant pour remplacer les pigments à base de métaux ou les UV-bloquants (sans avoir à faire un choix entre la production de nourriture et la production d'autre chose comme ce fut le cas pour le maïs). La Terre produit déjà ce dont on a besoin, nous n'avons qu'à utiliser ce qui est disponible.

Prenons en compte l'aspect financier. Une tonne de pigments traditionnels vaut environ 2 200 euros, alors qu'une tonne de pigments issus de tomates vaudrait 900 euros. Ce nouveau débouché a donc une valeur potentielle de 1,5 milliards d'euros. Au Brésil, un ouvrier gagne correctement sa vie avec un salaire de 9 000 euros par an. On peut donc parier que des ventes d'1,5 milliard d'euros pourraient facilement représenter cent mille « emplois brésiliens ».

## La vraie bioraffinerie

L'idée du professeur Hedén était une grande intuition. Elle devient réalité, puisque sous l'impulsion de Catia Bastioli, la dirigeante de Novamont, cette entreprise

pionnière des bioplastiques a ouvert la première bioraffinerie en 2013. Partant d'un portefeuille de plus de mille brevets, son équipe d'ingénieurs a étudié l'infrastructure d'une usine pétrochimique désaffectée à Porto Torres, en Sardaigne (Italie), et a conclu qu'une grande partie de l'infrastructure pourrait être réutilisée pour traiter des matières premières biologiques. La question qui se posait alors était de savoir quelle matière première était disponible localement. Les agriculteurs ont depuis longtemps délaissé la culture de tomates. La population de l'île (1,6 millions d'habitants) ne boit pas assez de café pour alimenter une installation de 360 000 tonnes par an. Les Sardes ont depuis longtemps misé sur le tourisme pour assurer leur subsistance, et 70 000 hectares de terres fertiles ont été laissées à l'abandon. Mais, à la suite de la crise financière de 2008, les touristes se sont raréfiés. De surcroît, la chute du régime libyen a tari une offre de carburant à « prix d'ami » aux Italiens.

L'équipe de Bastioli a étudié toutes les ressources locales et s'est rendu compte que le chardon (*cynara cardunculus*), qui a colonisé les terres délaissées par l'agriculture, pouvait être transformé en protéines, aliments pour animaux, plastiques, lubrifiants, herbicides et élastomères. ENI, l'un des dix premiers groupes pétroliers du monde, a rapidement calculé que le coût social et environnemental de la fermeture de leur installation pourrait être transformé en investissement. Les millions d'euros qui passaient de l'économie de l'île aux poches du fournisseur de pétrole enrichissent maintenant les agriculteurs locaux. Ces chardons sont vivaces, ne nécessitent aucun labour ni engrais, irrigation ou pesticides. Mieux, les chardons sont des espèces pionniers, une fois qu'ils ont envahi

les terrains abandonnés, les racines de ces pérennes remplissent le sol avec les racines, tout en regénérant les terres pauvres en deux trois cycles de sept ans. Pour une fois, manque de capital et manque d'expérience ne sont pas des handicaps. La « culture » des chardons n'a rien à voir avec celle du maïs qui doit être replanté chaque année. La création de valeur à partir d'une mauvaise herbe accélère la croissance de l'économie locale, où cette matière première facilement disponible est traitée à un coût en capital marginal et générant six flux différents de revenus protégés par deux décennies de recherche fondamentale. Le concept de la bioraffinerie gagne maintenant en crédibilité, la vision fantastique devient désormais réalité grâce à la science et à la volonté de changer une fermeture certaine en opportunité de démarrer une économie biologique. Mieux encore, Matrica, la joint-venture fondée par Novamont et ENI (via sa filiale chimique Versalis), offre une option pour toute l'industrie pétrochimique européenne privée d'accès à un naphta[1] à bas prix. La transformation d'un monde qui valorise le café et les tomates semblait déjà un grand bond en avant, mais une communauté qui utilise des chardons transformés dans une ancienne usine pétrochimique est une perspective particulièrement enivrante.

Le gain en matière d'efficacité énergétique est impressionnant. La pétrochimie transformait 2,5 millions de tonnes de carburant et de naphta en 700 000 tonnes de produits chimiques. Le traitement de 360 000 tonnes de chardons donnera de la valeur à 350 000 tonnes d'aliments pour animaux, de matières plastiques et

1. Le liquide à base de pétrole, qui est la source de la plupart des dérivés chimiques. *(NdT)*

de produits chimiques. Les emplois sont maintenus, la Nature est remise sur sa trajectoire évolutive et des fonds sont disponibles pour entreprendre le nettoyage du premier cracker européen datant de 1962. Un programme dans lequel le sol est nettoyé, l'agriculture renouvelée, un site réindustrialisé et créateur de développement social devrait avoir une certaine résonance pour des investisseurs, la société civile, les syndicats et les décideurs et décideuses politiques. Les seuls qui bataillent contre cette nouvelle réalité sont les économistes, qui doivent s'habituer à additionner des revenus multiples, et les ingénieurs chimiques, qui doivent maintenant mélanger chimie organique et inorganique. C'est nouveau, mais amusant. C'est dans le centre de recherche et de développement de Novamont, où une équipe de créatifs a découvert les merveilles des chardons, qu'est étudiée une nouvelle structure physique des molécules qui permettent de dégrader les polymères dans la terre (compostage), dans l'air (avec la force de l'UV) et dans l'eau de mer (avec des familles de micro-organismes salés totalement différentes. N'est il pas incroyable que personne ne se soit posé la question de pourquoi les plastiques, même les biodégradables en terre, ne se dégradent pas dans l'océan ?

Si les géants mondiaux de la transformation négligent ces opportunités, des partenariats entrepreneuriaux émergeront, comme celui de Novamont avec ENI, pour combiner innovation et Bien Commun, science et *cash-flow* à un niveau supérieur : tirer des bénéfices de l'utilisation de plantes et terres négligées pour répondre aux besoins fondamentaux de tous.

# 12

# Atteindre enfin l'abondance

Lors d'une visite, j'ai un jour vu une classe de CM1 de Yokohama au Japon dont les élèves étaient tous électrisés par l'expérience promise par leur professeur. Une douce odeur s'échappait d'une montagne de bananes amassées au milieu de la classe. Les enfants ont chacun reçu un œuf dur. L'enseignant leur a alors demandé de découper la peau de banane en petits morceaux avec leurs ciseaux et de broyer la coquille de l'œuf. Les deux éléments préparés furent ensuite mélangés puis on y ajouta un peu d'eau. Une sonde fut introduite dans cette mixture. Miracle ! L'appareil enregistra un courant électrique ! Tous les enfants se mirent à applaudir. Surplus de bonheur : il leur restait les bananes et les œufs à dévorer.

La réaction est la même au Brésil ou en Afrique du Sud, les enfants sont excités et les adultes surpris par cette expérience ; tous se demandent comment cela est possible. Nous sommes habitués aux formes modernes de création d'énergie : générateurs de vapeur, centrales nucléaires, centrales thermiques, usines hydroélectriques, panneaux photovoltaïques... Pourtant, il s'agit là de techniques récentes. Pendant des millions

d'années, l'activité a existé sans ces prouesses technologiques. Une des conséquences de cette ingéniosité est que nous devons maintenant faire face aux changements climatiques liés aux émissions de $CO_2$ et aux coûts financiers et sociaux du stockage des déchets nucléaires.

L'ambition de cet ouvrage est de montrer combien les solutions que je soumets à mes lecteurs n'ont rien du bricolage, du rafistolage, de techniques de bouts de ficelle. L'économie bleue utilisant toutes les énergies disponibles permet de réaliser notre rêve d'abondance, celui après lequel nous courrons depuis tant d'années. Nous nous organisons pour avoir accès au meilleur réseau électrique possible, sans nous imaginer que notre cœur a seulement besoin de 0,2 volts, produits par un ensemble de charges de 70 millivolts, pour réguler parfaitement le flux des 950 litres de sang qui transitent chaque jour dans notre cœur. Cette puissance ne repose sur rien d'autre qu'une biochimie à base de potassium, sodium et calcium. Il n'y a ni piles ni câbles. Il n'y a pas besoin de cuivre, non plus. On ne parle pas de lithium. En réalité, du fait de notre régime alimentaire, que des millénaires ont parfaitement mis au point, nous ingérons des cocktails de molécules qui, entre autres fonctions, par un apport régulier d'éléments biochimiques permettent à notre cerveau, notre cœur et notre système nerveux de fonctionner sans jamais avoir besoin de maintenance, et ce pendant des décennies (si tout se passe bien) ! Aucune usine électrique n'a jamais été conçue par l'homme de façon aussi fiable et économe pour fournir de l'énergie.

Amory Lovins, un des cofondateurs du Rocky Mountain Institute, est un innovateur particulièrement imaginatif en matière d'énergie. Selon lui, l'organisation

énergétique actuelle de notre société, où la production d'énergie est hyper-centralisée, avec des énormes centrales de production reliées aux maisons par des kilomètres de câbles tentaculaires, est tout sauf optimale. Si nous prenions le temps d'observer la Nature, nous verrions que, depuis des millénaires, les écosystèmes ont organisé la fourniture d'énergie en ne faisant pas appel à un réseau immense parsemé de relais, répartiteurs et autres transformateurs. En réalité, les dommages collatéraux que fait peser notre organisation énergétique actuelle risquent potentiellement de détruire le système dont nous dépendons.

Aujourd'hui, ce sont les moyens de production d'énergie qui font trembler le système dans son entier. L'émission massive de trois gaz, le dioxyde de carbone ($CO_2$), le méthane ($CH_4$) et le protoxyde d'azote ($N_2O$) ont des conséquences néfastes sur la fine couche d'atmosphère respirable auréolant la Terre. L'atmosphère subtilement équilibrée qui enveloppe la Terre est le résultat de millions d'années d'interaction avec les forêts. Or, puisqu'il ne subsiste que 30 % des forêts originelles (et qu'aucun programme de reforestation massive n'a encore été initié), les fondements de ce délicat équilibre ont été bouleversés à un degré tel qu'il paraît qu'il sera impossible de les rétablir. C'est ce que, dès 2002, le professeur Paolo Lugari expliquait lors d'un séminaire scientifique à Los Alamos, au Nouveau Mexique. Les causes sont bien connues : le carbone provient principalement de la combustion des énergies fossiles, le méthane des déjections animales et l'azote des engrais. Il nous est difficile de nous passer de ces produits (et donc de limiter les émissions qui en résultent). Nous sommes un peu comme les pilotes d'un supertanker lancé droit devant lui : il est difficile

de s'arrêter, cela prend du temps pour changer de cap et personne ne peut prendre de décisions rapides et efficaces même quand la collision est inévitable !

Le véritable point de départ pour les économies d'énergie remonte au choc pétrolier de 1974. Deux ans avant, dans son rapport *Halte à la croissance ?*, le Club de Rome avait déjà donné l'alerte quant au cercle vicieux de l'explosion démographique, qui augmente la demande énergétique et entraîne une pollution endémique. Pour autant, les énergies alternatives au pétrole ne sont pas exemptes de défauts. Aucune n'est inspirée des stratégies mises en place par la Nature depuis des millénaires. En plus de cela, la plupart des options envisagées n'ont aucune rationalité économique. Nous devons aller au-delà des options intermédiaires et temporaires que sont le nucléaire, le photovoltaïque, l'hydrogène ou l'éolien.

Les pays qui ont décidé de s'appuyer sur l'énergie nucléaire imposent à leurs citoyens d'en assumer les conséquences alors qu'ils ne leur ont parfois même pas posé la question. Les tenants du nucléaire ont-ils demandé aux sociétés d'assurance si elles étaient prêtes à couvrir les risques en cas de défaillance des États ? S'ils l'avaient fait, ils auraient découvert qu'aucun assureur ne leur proposera une police acceptable. Alors, pourquoi les États qui ont engagé tous leurs citoyens (et leurs descendants pendants des générations) n'appliquent-ils pas la même logique aux autres sources d'énergies renouvelables ?

## Repenser les demandes énergétiques

Depuis la nuit des temps, chaque espèce a évolué pour affiner et conserver l'énergie dont elle avait besoin pour se réchauffer ou se rafraîchir, pour se mouvoir et se transformer. Les dauphins tursiops ou les baleines savent comment réduire les frottements, les thons savent conserver la chaleur, les scarabées ténébrions meurtriers produisent de l'antigel, les abalones fabriquent de la céramique en eau froide. On peut aussi penser à la lumière froide des pieuvres, à la science de l'hibernation des ours, à l'énergie à l'état solide dont dispose le lichen pour préserver ses cellules en plein hiver, au glissement sans frottement du lézard des sables, à la collecte d'eau de certains scarabées du désert ou à la climatisation d'une termitière. Chaque adaptation démontre que les espèces peuvent évoluer pour parvenir à l'utilisation optimale de l'énergie déjà disponible. En plus, les contributions des uns sont remises au pot commun des autres dans un écosystème où les nutriments et l'énergie se déversent en cascade d'une espèce à une autre. L'énergie n'est jamais un objectif en soi mais un moyen pour parvenir à ses fins. La plupart du temps, l'énergie dans la Nature apporte de l'eau ou de la nourriture, aide à l'habitat, facilite le transport (de la nourriture ou de soi) et défend la santé.

Observons les travaux de Stefan Larsson, l'inventeur de l'incroyable système solaire installé au nord de Stockholm. Larsson a travaillé pour Vattenfall, un des leaders européens de l'énergie. Cette entreprise est le plus gros opérateur d'énergie éolienne du Royaume-Uni. Il dirigeait la section ressources et développement du département « énergie solaire », avec comme tâche

de mettre au point des panneaux solaires capables de fonctionner avec un soleil dont le rayonnement est à un angle de seulement 8 °C par rapport à l'horizon. Jusqu'à présent, la logique était de penser l'énergie solaire pour les zones du globe fortement ensoleillées. Larsson a appliqué une autre logique : si on réussit à créer de l'énergie solaire au fin fond du nord de la Suède, la technologie fonctionnera partout ailleurs. Il y est parvenu en développant des effets d'optique concentrant les rayons et la lumière du soleil sur des réflecteurs statiques. C'est alors que Vattenfall a décidé de fermer son laboratoire d'énergie solaire pour se concentrer sur le nucléaire. Cette décision aurait pu être une catastrophe pour Larsson, mais cet homme a su réagir énergiquement. Il a réussi à récupérer les brevets et a convaincu des associés de créer Solarus.

Cela peut sembler farfelu d'imaginer une industrie solaire en Suède, mais Larsson avait en tête d'appliquer une logique simple, quoique dédaignée par tous les experts : pourquoi n'utilisons-nous qu'un coté d'un panneau voltaïque alors que cela marche sur les deux faces ? Les spécialistes arguent que le soleil sur le haut d'un panneau et la concentration solaire sur le bas échauffent anormalement le panneau et dégradent son rendement. Larsson, là encore, a contourné la difficulté : pourquoi ne pas refroidir les panneaux avec de l'eau, comme l'on fait pour les moteurs ? Vous le voyez, il en faut de la créativité et de l'audace pour mener à bien de tels projets – même si le refroidissement n'est pas une idée si révolutionnaire ! C'était la période où les fabricants cherchaient à optimiser la structure pour réduire les coûts de fabrication. L'idée d'introduire dans le sandwich d'un panneau des tubulures d'eau semblait une aberration déconnectée des

réalités de la fabrication. Mais Larsson s'est entêté et a conçu ses propres panneaux en partant de *wafers* (galettes) fournis par Hitachi. Avec une surface réduite d'un tiers, il a réussi à produire 18 % d'électricité de plus, ainsi que de l'eau chaude à 60 ou 70 °C (gratuitement). La combinaison de l'efficacité de la chaleur et de l'électricité produites en utilisant moins d'énergie et de matériaux fait plus que doubler la performance par rapport aux panneaux solaires classiques ! Il suffisait de ne plus être obnubilé par la présence de beaucoup de soleil. Les grandes inventions viennent de la contrainte ! L'Université de Pékin a décerné son Prix annuel pour les Innovations disruptives 2016 à Solarus, une reconnaissance unique.

Comme si cela ne suffisait pas Stefan Larsson s'est posé une question surréaliste : et si les panneaux solaires fonctionnaient la nuit ? Quoique, du fait de ses réalisations passées, il ait atteint un certain degré de crédibilité dans la communauté scientifique, les réactions à ce nouveau défi ont été mitigées. Des tests ont démontré que l'eau stockée dans ses panneaux à double-exposition se refroidissait la nuit ; en effet, les cellules photovoltaïques sombres évacuent la chaleur à l'obscurité. On pouvait aussi récupérer de l'eau froide. L'invention de Larsson fournit donc de la chaleur, de l'électricité et du froid. Le froid n'est pas vraiment une valeur recherchée en Suède ; en revanche, pour le professeur Eduard Ayensu (un grand scientifique ghanéen qui fut le premier directeur africain du Smithsonian Institute à Washington DC), ces cellules solaires travaillant la nuit ont le potentiel pour remplacer les réfrigérateurs. Dans une maison, un espace de deux mètres cubes, bien conçu et relié à ces panneaux, peut bénéficier d'un refroidissement naturel pendant la période chaude, supprimant

ainsi le coût d'équipement et d'approvisionnement en énergie. Trois bénéfices pour cette nouvelle génération de panneaux solaires. Et cela ne fait que commencer !

De l'eau stockée à 70 °C est aseptisée. Le système offre donc de l'eau propre, une contribution vitale en matière d'hygiène. Des entrepreneurs sud-africains ont vite compris cet avantage et ont investi localement pour satisfaire ce besoin. D'autres les ont imités en Inde. Avec ces données en tête, je me permets cette petite question : est-ce que Solarus est dans le secteur de l'énergie renouvelable ou dans celui de la réfrigération, ou même de l'hygiène ? Vous l'avez compris, l'économie bleue rend obsolètes de telles questions sur les spécialisations des entreprises. Larsson et son équipe ont alors modifié le design des panneaux et remplacé l'aluminium par du plastique recyclé. Cela le rend compatible avec de nombreux systèmes de construction et le panneau, au lieu de se poser sur la toiture, peut devenir structurellement la toiture elle-même ! Avec une couche de 22,5 centimètres d'épaisseur pleine d'air, il fonctionne comme un matériau isolant, en été comme en hiver. Cette extraordinaire aventure commencée en Scandinavie pour mieux capturer les rayons du soleil est devenue un système multimodal qui produit de la chaleur, du froid, du courant, de l'assainissement, de l'isolation thermique et même du recyclage de plastique. Larsson et ses associés n'ont jamais eu en tête, lorsqu'ils se sont lancés dans la production de panneaux photovoltaïques en Suède, de participer à quelque guerre des prix. Bien au contraire, ils ont décidé de partager leurs avancées avec tous ceux qui se disaient intéressés par une déclinaison locale. C'est Leen Zevenbergen, qui, pendant cinq ans, a repris les rênes de Solarus et a développé des opportunités infinies depuis la nouvelle usine robotisée localisée à Venlo,

aux Pays-Bas. Le capital a largement suivi et, parmi les clients on compte les chaînes d'hôtels comme Hilton et Radisson. Comme vous le constater, fabriquer des panneaux solaires a autant de potentiel caché que faire pousser des champignons à partir de café !

## Libérer de nouvelles énergies

Il est toujours étrange que ce que nous admirons comme de grandes inventions n'est le plus souvent qu'une pratique routinière de la Nature. Contrairement à une idée reçue, ce n'est pas Edison qui a découvert l'électricité, mais c'est lui qui a inventé l'ampoule électrique. Les premiers prototypes utilisaient un filament fait de bambou (naturellement riche en fer). Cent ans plus tard, les premières ampoules fonctionnent encore. Les cellules, elles, utilisent l'électricité depuis des milliards d'années. De minuscules différences de pH sur les pôles opposés d'une cellule créent de minuscules courants, souvent trop faibles pour être mesurés. Dans les systèmes naturels, le courant électrique n'a pas besoin de métal pour circuler, ce qui permet une conductivité quasiment sans résistance. L'énergie qui circule à travers un métal « à besoin » a pour conséquence l'exploitation de mines et l'émanation de produits polluants. Les bambous et les baleines, deux espèces remarquables en matière d'électricité et de conductivité, ont beaucoup de choses à nous enseigner.

La Nature s'appuie sur six sources principales d'électricité :
- la chaleur
- la lumière
- la friction

– la pression
– le magnétisme
– la biochimie

Dans l'actuelle production mondiale d'électricité, le magnétisme est le principal contributeur. Les générateurs, qu'ils fonctionnent de façon hydroélectrique ou nucléaire, avec du charbon, du pétrole ou du méthane, utilisent tous les forces électromagnétiques pour faire du courant. L'électricité est généralement produite par l'exposition d'une bobine de fil à un champ magnétique. La lumière agissant sur des panneaux solaires fait doucement son chemin, mais les coûts restent encore trop élevés. D'autres courants plus faibles sont générés directement par la chaleur, la pression ou les frottements. Les réactions chimiques dont se servent les piles constituent une des méthodes les plus anciennes de production. Paradoxalement, elles sont toujours très utilisées dans la vie moderne. La biochimie est une source majeure de courant au sein des organismes vivants et dépend principalement des aliments consommés ; c'est malheureusement une des méthodes les moins utilisées. Le système biochimique des poissons électriques, comme le gymnote, est une merveille de science tant pour la production que pour l'isolation.

La Nature ne compte sur aucune des méthodes et des technologies extrêmes dont les humains sont friands. Dans la Nature, le feu et l'incinération sont les exceptions, pas la règle. Nous n'hésitons jamais à brûler tout ce que nous considérons comme des déchets. Quand on ne sait pas quoi faire d'une chose, on l'incinère. Observer où la Nature puise son énergie est un exercice plein d'enseignements. C'est ce regard neuf sur la façon dont fonctionnent les écosystèmes qui donne la bonne attitude pour changer de façon durable notre dépendance à l'énergie.

Comment font les plantes pour apporter la sève à des hauteurs vertigineuses ? Comment les noix de coco se remplissent-elles d'eau sans système de pompage et sans être poreuses ? Comment les arbres maintiennent-ils leur structure ? Comment font les mers et les océans pour déplacer d'incroyables masses d'eau lors des marées ?

Bien sûr, il y a interaction entre la tension de surface et l'attractivité de la lune. Le flux et le reflux des marées, voilà une autre force régulière et prévisible de la physique. Les systèmes naturels exploitent de nombreuses forces à des niveaux infimes et de façon ultra précise pour donner à toutes sortes de vie les ressources énergétiques adaptées à leurs besoins. Cela contraste avec les solutions industrielles que nous avons inventées et financées. Les solutions modernes semblent simples, mais leur inefficience inhérente est incommensurable par rapport aux sources d'énergie naturelle. C'est pourquoi nous gaspillons tant d'énergie et c'est pourquoi nous demandons maintenant : où sont les vraies opportunités ?

## L'électricité à partir du pH

Alors que nous débattons sans fin des mérites comparés des centrales nucléaires et thermiques, des énergies solaires et éoliennes, les écosystèmes transvasent depuis toujours et sans tergiverser leurs besoins en énergie d'un participant à l'autre par des différences de pH. Un arbre crée du courant électrique grâce à la différence de pH entre le sol et son tronc. Le potentiel hydrogène (pH) est important dans l'équation énergétique de la Nature, car c'est lui qui régule la vitesse des réactions biochimiques. Il le fait en contrôlant l'intensité de

l'activité des enzymes et la vitesse de déplacement des courants à l'intérieur du corps. Un pH élevé indique une solution très alcaline et donc une conduction plus faible. Dans une solution acide (avec un pH bas), le courant circule plus vite. Une batterie de voiture est acide, car en hiver il faut que le courant circule vite quand il fait froid. Au contraire, une lampe électrique utilise des piles alcalines pour ralentir la vitesse de déchargement. Les espèces vivantes passent leur temps à jouer avec ces deux extrêmes sans avoir besoin de plomb (batterie automobile) ou de lithium (pile domestique). La porte qui contrôle ces flux est la membrane des cellules ; elle laisse passer les électrons. Parfois lentement, parfois rapidement. C'est la gestion des niveaux de pH qui détermine le courant.

## L'électricité à partir d'un différentiel de température

La thermoélectricité, c'est la conversion en électricité des différences de température. Dans notre nouvelle approche, l'idée est de produire le courant dont on a besoin… à partir du corps humain. En Allemagne, l'institut Fraunhofer a mis au point un moyen d'y parvenir. La différence entre la température du corps humain et celle de l'environnement est suffisante pour créer de l'électricité ! Normalement, on a besoin d'un différentiel de plusieurs dizaines de degrés pour générer suffisamment d'électricité pour alimenter un équipement électronique. Toutefois, pour Peter Spies, chef de projet au sein de cet institut, « les quelques degrés de différence permettent de créer de la basse tension ». Cet appareil, en capturant des différences de température du corps,

délivre à peu près 200 millivolts. Les équipements électroniques ont besoin d'un à deux volts, une LED éclaire avec moins de 1 volt. Les ingénieurs de l'Institut Fraunhofer ont trouvé une solution : au lieu d'essayer de créer plus de puissance (le réflexe traditionnel des industriels), ils ont créé des circuits ayant besoin de moins d'énergie. Ils ont donc monté un système électronique entier qui n'a besoin ni de piles ni de câbles d'alimentation. Ce système puise son énergie de la seule chaleur du corps. Spies est certain qu'à l'avenir, en perfectionnant le système, un écart de température de 0,5 °C sera suffisant pour alimenter un téléphone mobile. C'est bien ainsi que les systèmes naturels ont évolué : faire le maximum avec des charges infimes sans compter sur des apports massifs. La révolution de Peter Spies ouvre la possibilité de nous débarrasser du fardeau des batteries à recharger et surtout à produire. Dans l'économie bleue beaucoup d'instruments seront repensés pour ne pas dépendre d'une batterie ou d'une prise de courant. La Nature offre suffisamment de sources d'inspiration pour que nous puissions nous en passer.

Qui s'en souvient ? En 1999 déjà, le fabricant de montres japonais Seiko a commercialisé mille exemplaires de la première montre alimentée par le corps humain sous la marque Thermic. Une fois chargée, la montre fonctionnait dix mois. La capacité de rechargement dépendait de l'écart entre la température de l'air et celle du corps. Portée au poignet, la montre absorbait la chaleur par le dos du boitier et la dissipait par la lunette, alimentant un petit générateur situé entre les deux. Plus la différence de température était grande, plus le générateur se chargeait en électricité. Pour les collectionneurs, c'est devenu un modèle légendaire. Pour nous, cela devrait être le moyen quotidien de créer de l'énergie.

## L'électricité à partir de la pression et de la gravité

La pression – ou, pour être précis, la piézoélectricité – est une autre source naturelle d'électricité. La racine grecque *piezo* signifie « presser », « appuyer ». La principale source de compression est bien évidemment la gravité. Le poids qu'un arbre exerce sur les roches du sol est une source d'électricité ! En tant que source d'énergie, la pression sera plus efficace dans une structure cristalline. C'est pour cela que le quartz et le diamant ont été utilisés. Le sel de seignette (tartrate double de sodium et de potassium) a été le premier cristal à être utilisé pour ses propriétés piézoélectriques. Il faut remarquer que ce sel est composé de potassium et de sodium, les deux composants chimiques responsables des battements du cœur. Les dernières découvertes dans le domaine de la piézoélectricité concernent le sucre de canne, les os, la soie et le bois. Les nouvelles pistes explorées par la recherche détectent de nouvelles sources tous les jours. Pour autant, l'usage industriel de la piézoélectricité reste toujours limité, même si le Japon a commencé à s'y intéresser à grande échelle. De nombreux objets de la vie quotidienne font appel à la pression pour leur énergie. Les premières télécommandes de téléviseur utilisaient du quartz pour convertir en courant la pression sur un bouton. Les radars de recul des voitures ou les moteurs qui déclenchent la fonction autofocus d'un appareil photo reflex fonctionnent sur le même principe. Une simple pression sur une molette est suffisante pour déclencher un arc électrique qui « allumera » l'essence d'un briquet. C'est la société allemande de pièces

automobiles Bosch qui a développé le premier système à injection piézoélectrique.

Avec les dernières avancées dans ce domaine apparaissent de nouvelles perspectives pour concevoir des bâtiments utilisant la pression exercée sur le sol. Un projet pilote a été conçu à Turin. Des cristaux de quartz collectés dans les Alpes seront placés sous les piliers de chaque étage afin de produire de l'électricité localement. C'est une application directe de la gravité : la pression exercée est facile à calculer. Vu la taille et le poids de nos bâtiments, le potentiel est immense, plusieurs méga-volts suffisant à alimenter les ascenseurs et l'éclairage du bâtiment. Les micro-mouvements dus à la rotation de la Terre assurent les différentes pressions pour un flux permanent d'énergie.

La gravitation est un des espoirs les plus sérieux pour changer l'équation énergétique de nos sociétés en général et de nos bâtiments en particulier. La pression a la capacité d'émanciper les constructions des formes actuelles d'énergie. Rappelons-nous comment la géométrie inspirée des méthodes de collecte d'eau du scarabée du désert namibien peut produire de l'eau sur le toit d'un bâtiment, ou comment un vortex peut nettoyer l'eau d'un étage supérieur à un étage inférieur. Nous ajoutons à présent le potentiel énergétique de la force de gravité créant des milliers de volts. Nos ingénieurs et architectes ont de quoi créer une nouvelle discipline scientifique ! Ces impulsions électriques pourraient aussi permettre de réduire ou d'éliminer l'explosion de la demande en piles boutons pour prothèses auditives, jeux ou téléphones portables. J'espère vous avoir convaincu d'une chose : plutôt que d'investir des sommes astronomiques dans la mise au point de batteries moins polluantes, le vrai investissement serait de

puiser dans des sources d'énergies naturelles afin d'éviter l'extraction de métaux. Le principe de remplacer quelque chose par rien du tout est effectivement un fil conducteur de l'économie bleue.

Les vibrations sont un autre facteur de création de piézoélectricité. Parmi celles-ci, le son. À une longueur d'onde indétectable par l'ouïe humaine, les savants ont observé qu'une forme de communication sismique est courante chez de petits animaux comme les araignées, les scorpions et quelques vertébrés : les grenouilles géantes, les dypodomis (rats-kangourous) et les taupes dorées. Une sensibilité sismique a souvent été détectée chez les éléphants de mer.

Nous avons aussi de nombreux exemples d'éléphants percevant l'imminence d'un tsunami et brisant leurs chaînes pour chercher un abri. En 1977, Caitlin O'Connell-Rodwell, une chercheuse-associée au département de médecine de l'université de Stanford, a découvert que les éléphants pouvaient communiquer avec des sons graves inaudibles par les humaines sur de très grandes distances. Elle a ouvert tout un pan de nouvelles recherches en émettant l'hypothèse que ces sons à basse fréquence créaient de véritables vibrations dans le sol : des signaux sismiques que les éléphants peuvent ressentir et même interpréter par leurs trompe, genoux et pieds. Elle a étudié des hordes d'éléphants dans le parc national d'Etosha, en Namibie, afin d'utiliser ses connaissances en matière de sensibilité sismique pour travailler sur les problèmes de déficience auditive des humains. Les personnes ayant des difficultés à entendre développent fréquemment une plus grande sensibilité tactile dans le cortex auditif de leur cerveau que les personnes ayant une ouïe normale. Comme elle l'affirme, « nous voulons étudier la possibilité pour les

nouveau-nés ayant des pertes d'audition de les soigner par une exposition à des *stimuli* vibratoires ». Les éléphants et les prothèses auditives sont stimulés par le ressenti des vibrations. Une fois encore, un principe fondamental de la physique (les vibrations) nous aide à répondre aux besoins d'une espèce en créant dans le cerveau des cellules bénéfiques et en sur-développant le système nerveux des membres tactiles.

La promesse la plus extraordinaire de la piézoélectricité est la création de courant par la voix : le son crée de la pression ! Un appareil convertissant la pression du son en électricité mis au contact de notre peau créerait assez d'électricité d'origine thermique et piézoélectrique pour alimenter notre téléphone. En clair, plus on parlerait, plus longtemps pourrait durer l'appel. On peut même imaginer des prothèses auditives dont la conception tiendrait compte de la voix de son porteur pour être alimentées. En combinant ces sources de courant existantes, on pourra un jour rendre obsolètes les batteries au lithium ou les chargeurs solaires.

## L'électricité à partir de la transpiration

Les athlètes mesurent leur degré de forme à partir de leur niveau de lactate[1]. Les lactates sont naturellement présents dans la sueur. La docteur Wenzhao Jia, de l'université de Californie à San Diego, a réussi à extraire

1. L'acide lactique est un acide organique qui joue un rôle dans divers processus biochimiques. Un lactate est un sel de cet acide. Contrairement à ce que peut laisser penser son nom, l'acide lactique n'est pas présent uniquement dans le lait, mais également dans le vin, certains fruits et légumes, et dans les muscles.

des électrons des lactates grâce à un tatouage temporaire gorgé d'enzymes. Cela génère 70 microwatts par centimètre carré de peau. Le docteur Wenzhao n'a pas mis au point une « bio-batterie », elle a juste créé une source infinie de courant pour un capteur qui mesure l'efficacité d'un exercice physique avec des données cardio-vasculaires et chimiques. Elle a brillamment démontré la faisabilité d'un tatouage pouvant contenir un capteur autoalimenté. À noter : ce n'est pas réservé aux athlètes car les personnes en moins bonne forme se fatiguant plus vite produisent plus de lactates, donc plus de potentiel énergétique.

Le dispositif est suffisamment avancé pour lier ce tatouage à un condensateur qui stocke le courant généré. Une montre numérique a besoin de 10 microwatts (rappelons que les batteries sont toxiques et difficiles à recycler). Une surface de 2 par 3 millimètres est suffisante pour générer le courant nécessaire et se débarrasser des métaux à jamais. Ces bio-batteries se rechargent rapidement, ne laissent jamais couler de produits chimiques toxiques et ne représentent aucun risque d'explosion. Bien sûr, l'argument le plus convaincant est qu'elles reposent sur l'utilisation d'une source d'énergie renouvelable : VOUS. Est-ce juste le fantasme d'un scientifique ? En 2014, le très sérieux journal allemand *Angewandte Chemie* a publié un long article dans lequel un groupe de scientifiques examinait les détails de la méthode du docteur Wenzhao. Cela a permis d'attirer des investisseurs et des entrepreneurs pour passer à l'étape suivante.

La création d'un nouveau produit évolue du fantasme à la vision et ne peut être traduite dans la réalité que par la science et la prise de risque. L'occasion de remplacer des milliards de minuscules piles en utilisant

notre sueur est trop inspirante pour être négligée. Une autre variation de pression est l'énergie cinétique créée par les mouvements. Une fois de plus l'industrie horlogère fut à la pointe dans ce domaine. Rolex a commercialisé, dès 1931, la première montre automatique. Une plaque de métal semi-circulaire remonte le mécanisme de la montre en bougeant librement. Plus récemment, Seiko a introduit sur le marché des centaines de déclinaisons de ce principe et l'utilise comme une des principales bases de conception de ses modèles.

Une application commerciale rentable a donc pu s'appuyer sur l'énergie issue du mouvement, mais notre curiosité reste insatisfaite : comment les systèmes naturels utilisent-ils l'énergie cinétique ? La circulation sanguine est une masse et une vitesse. Elle est donc une énergie cinétique. Le flux sanguin qui circule dans nos veines pourrait être une ressource énergétique simple immédiatement disponible. Mieux encore, puisque le sang circule dans une veine ou une artère, la pression exercée sur les vaisseaux est une source potentielle d'énergie piézoélectrique ! L'énergie totale du sang dans nos vaisseaux est la somme des énergies venant du mouvement et de la pression. Les experts énergétiques objecteront que ces micro-apports sont anecdotiques au regard des besoins énergétiques du monde. Cela me fait penser à un proverbe néerlandais : « Quand on n'apprécie pas le petit, on ne mérite pas le grand[1]. » Il est presque certain que les nanotechnologies trouveront un moyen de convertir ces pressions en électricité.

Les programmes de recherche dans le solaire sont moins richement dotés que ceux concernant le développement de nouveaux types de piles et batteries. Mais la

1. « *Wie het kleine niet deert is het grote niet weerd.* »

recherche pour convertir la pression et la température en électricité ne reçoit aucun financement, ni privé ni public. Les investisseurs ne semblent pas intéressés par l'exploration de solutions énergétiques complètement renouvelables et n'ayant pas besoin de métaux ni de procédés chimiques de stockage ! Les instituts Max-Planck et Fraunhofer sont à la pointe dans ce domaine des énergies non-conventionnelles. Il y aussi des inventeurs, comme Alan Heeger, qui a découvert que les propriétés conductrices des films de polymères ultrafins peuvent remplacer les batteries presque partout, mais son entreprise a fait faillite. Ou encore Michael Graetzel, qui explore la production d'électricité en partant de la photosynthèse des feuilles.

Selon mon article paru en février 2008 dans la *Harvard Business Review*, si l'on couvrait le Golden Gate Bridge, qui traverse la baie de San Francisco, de cellules photovoltaïques ultra-minces telles que les films fabriqués par Armor en France, on pourrait fournir une large partie des besoins en électricité de la ville et, accessoirement, on éviterait d'avoir à repeindre la structure... C'est un nouvel exemple d'une solution qui utilise la physique pour créer quelque chose d'une manière plus responsable (électricité à partir des variations de températures) et qui élimine un produit toxique et onéreux (peinture anticorrosion). Ce double effet rend soudain le film solaire mince compétitif, alors que, en tant que technologie autonome, il serait abandonné car trop coûteux. Mais est-ce vraiment le cas ? Selon les défendeurs (et vendeurs) des plaques solaires photovoltaïques, le rendement des films est moitié moindre. Mais par kilo d'installation, les films produisent dix fois plus d'énergie que les plaques traditionnelles qui ont besoin d'une infrastructure spéciale pour supporter

le poids tandis que les films peuvent être installés (et retirés) sur n'importe quelle surface.

Les physiciens et les agriculteurs connaissent bien l'impact et les conséquences de la pression. Et pourtant, dans les séminaires et les colloques internationaux sur l'efficacité énergétique, ces forces sont négligées. C'est sans doute une chance pour les entrepreneurs qui n'auront pas en face d'eux de concurrents trop institutionnels ou de législations trop contraignantes. Ce sont surtout des technologies qui ne demandent pas d'investissements importants. Les applications potentielles sont vastes, totalement décentralisées et de nouveaux marchés sont accessibles partout et tout le temps. De plus grandes opportunités sont offertes à ceux qui grouperont, où plutôt additionneront, plusieurs technologies, comme c'est le cas des systèmes naturels, qui fournissent un système énergétique fiable fonctionnant de façon cohérente avec ce qui est localement disponible. À ce stade critique, au lieu de se noyer dans un débat entre pétrole et nucléaire, on devrait explorer ces sources d'énergie innovantes qui ne sont malheureusement jamais couvertes par la presse internationale.

## Quid de l'éolien

Nous avons tous réagi à l'arrivée de ces champs de piliers en béton équipés de moulins qui ont besoin d'un moteur électrique pour démarrer et de freins pour s'arrêter. La masse est lourde. Maintenant il y a une experience que presque tout les enfants ont apprécié le kyte ! Arrive Stephan Wragle sur le scène. Il est un mathématicien avec un nez pour l'intelligence artificielle qui joue la force éolienne avec une clarté intéressante. Le kyte

de 40 mètres carrés lancé automatiquement génère sans arrêts de l'énergie durant 12, voire 18 mois jusqu'au moment où il faut remplacer la toile avec seulement 5 % des matières que nécessitent les moulins traditionnels ! La gestion du kyte est coordonnée par un robot qui adapte et dirige le kyte dans des conditions toujours changeantes de vent, de pression, d'humidité, qui atteint une vitesse supérieure à 200 km/h. Les ingénieurs éoliens savent que la vraie force d'un moulin est produite par les points extremes des ailes. Le kyte produit la même force sans toutes les matières. Les lourdes structures sont remplacées par rien du tout. Le kyte approvisionne une source énergétique permanente qui arrive en container et est branché en deux heures. L'entreprise SkySails basé à Hambourg, qui a investis deux tiers de son capital en intelligence et un tiers en technologies innovantes, a réduit le coût de revient de l'électricité et ainsi permis une décentralisation totale à un coût par kWh qui ne dépasse pas les 4 centimes.

## L'électricité à partir du carbone

Il est impossible de conclure un chapitre sur les innovations dans le domaine de l'énergie sans aborder le potentiel du carbone. Alors que les émissions incontrôlées de $CO_2$ sont partout pointées du doigt comme le pire contributeur au réchauffement climatique, il peut être judicieux de considérer le $CO_2$ comme une matière première utilisable ! L'oxygène a d'abord été une toxine avant d'être le précurseur de toute forme de vie. De façon similaire, on pourrait changer de perspective et passer de l'état de « problème » à celui d'« opportunité ». Le dioxyde de carbone a le potentiel

pour devenir un contributeur majeur à une économie responsable.

Les micro-algues d'eau douce sont sur Terre depuis des milliards d'années. Unicellulaire, cette espèce a été dans les premières à développer un noyau pour abriter l'ADN. Pour produire par photosynthèse sa nourriture et son énergie, une algue n'a besoin que d'un peu de $CO_2$, d'eau, de nutriments et de soleil. L'oxygène est un sous-produit de cette photosynthèse et est abondamment émis dans l'atmosphère ainsi que dans l'eau des lacs, des rivières et des océans. L'algue n'est pas une plante, elle appartient au règne des protistes. Elle est ultra-sensible à la lumière et est par conséquent une des espèces connaissant la croissance la plus rapide : elle pousse dix fois plus vite que la canne à sucre et prolifère presque aussi rapidement que les bactéries. Cette faculté à se développer fait d'elles des alliées utiles dans la lutte contre le réchauffement climatique. Ses avantages sont qu'une algue émet de l'oxygène, contient de l'huile tout en étant riche en oligo-éléments. Le centre de bioraffinage de l'université du Minnesota a calculé que les algues peuvent produire annuellement 56 000 litres d'huile par hectare. Une équipe brésilienne dirigée par Jorge Alberto Vieira Costa, de l'Université fédérale du Rio Grande do Sul, qui produit de la spiruline à des coûts compétitifs, réussit déjà à extraire 22 000 litres d'huile par hectare chaque année. Par comparaison, le rendement du maïs est de 200 litres par an et par hectare, celui du soja est de 550 et celui du palmier est de 4 000 ! Une des autres vertus des algues, c'est qu'elles peuvent pousser dans des eaux saumâtres ou dans des zones infertiles et qu'elles métabolisent le $CO_2$.

L'extraction du pétrole ou du gaz génère des eaux polluées dont on ne sait que faire. Ces eaux croupissent dans des bassins de rétention et finissent par contaminer le sol. Comme les eaux chaudes sont encore plus destructrices pour la vie aquatique, les centrales thermiques ont elles aussi des bassins de rétention de refroidissement. Ces bassins de rétention sont une obligation légale pour limiter les dommages environnementaux. Il est facile d'imaginer comment les algues pourraient coloniser ces bassins et transformer des déchets inutiles en fermes à oxygène, en pièges à $CO_2$ et en réserves à biocarburants. Ce que nous envisageons est une manière efficace de réduire les dommages écologiques en utilisant des infrastructures existantes.

Dans l'économie bleue, nous résolvons nos problèmes en utilisant ce qui est disponible, pas en inventant de nouvelles machineries ni en manipulants la génétique. La culture d'algues pour l'alimentation et le biocarburant en est un exemple admirable. Le docteur Vieira Costa et son équipe ont même réussi à produire des polyesters d'algues. C'est cette création de produits multiples avec des revenus multiples qui déplace la biologie du domaine uniquement universitaire (intéressant mais non compétitif en raison de coûts élevés) à la vraie vie (attrayant et compétitif non pas parce les coûts sont tirés vers le bas, mais parce que cela génère beaucoup plus de revenus).

Le laboratoire national pour les énergies renouvelables du Colorado a entrepris une série d'essais pour cartographier un portefeuille de trois cents algues riches en protéines, en glucide et en huile qui pourraient produire du biodiesel dans les friches du Nouveau-Mexique. En 1996, le docteur Vieira Costa, a adapté ses travaux pour résoudre un problème d'autosuffisance alimentaire

autour du lac Mangueira, dans le Sud de Brésil. La production de biodiesel ne faisait pas partie des objectifs initiaux de la mission. Des questions de sécurité alimentaire avaient été soulevées par les cultivateurs de riz du sud du Brésil qui voulaient défendre leurs cultures (face à la baisse des cours sur le marché mondial) sans recourir à des engrais. Vieira Costa fut rejoint pour ce projet par le professeur Lucio Brusch da Fraga, un physicien de formation et un manager en qualité reconnu. Ce fut un partenariat remarquable. Le lac Mangueira est l'un des lacs les plus alcalins du monde, ce qui est un avantage environnemental en produisant une biodiversité des micro-algues sans pareil dans le monde. Vieira Costa et Brusch da Fraga ont pris le parti de démontrer qu'il est possible de cultiver des algues partout, même sous un climat tempéré comme celui du sud du Brésil. Une fois qu'ils eurent implanté les algues autour des rizières de la région de Vittoria do Palmar, ils ont pu commencer à les récolter. Elles contenaient une forte concentration de micronutriments. Ils ont approvisionné les populations locales défavorisées avec cette source alimentaire inédite. Les services sociaux, les dispensaires médicaux, les écoles, tous ont pu constater le succès de cette campagne. Ils ont alors réalisé que la production d'algues pouvait faire mieux que nourrir les habitants.

Un nouveau projet fut lancé : la production de biocarburant à base d'algues. Le Brésil n'exploite que cinq centrales électriques thermiques, alors que les États-Unis en ont trois mille. Pourtant, les autorités ont rapidement expérimenté la production de biocarburant par la combinaison des émissions de $CO_2$ et des algues cultivées. Partant de zéro, Vieira Costa a initié un procédé similaire à celui qui produit l'éthanol à partir de la canne à sucre. Mais avant de foncer

dans l'exploitation, Viera Costa a fondé un institut de recherches afin d'étudier les conditions écologiques du sud brésilien. Il a recruté une équipe de jeunes étudiants qui ont breveté un certain nombre de nouvelles technologies et avec une quarantaines ont déjà acquis leur doctorat. Si vous considérez que quelques dizaines de diplômes ne changent pas le monde, il est important de mettre le doigt sur un fait intéressant : le Centre de Recherche des Micro-Algues à l'Université Fédérale du Rio Grande (dans l'État de Rio Grande do Sul) est devenu un leader dans le monde entier.

Vieira Costa et son équipe ont progressé toujours dans la bonne direction, en travaillant avec la biodiversité locale, les écosystèmes locaux et des expériences de terrain. Leur projet a converti les lacs Mangueira et Morin en gigantesques bassins de rétention pour la culture des algues et a montré comment réaliser la transition de mini-rizières en bassins de cultures exploitables à l'échelle industrielle par des centrales de production d'énergie. C'est la biologie qui vient en aide à la physique. L'exploitation est contrôlée jusqu'au bout puisqu'une fois la nourriture, le biocarburant et les esters (vendus à l'industrie cosmétique) extraits des algues, les résidus sont convertis en éthanol. Ainsi, l'utilisation de technologies complémentaires permet une augmentation de la productivité.

Avec de la nourriture et de l'énergie comme sous-produits d'un processus qui transforme les algues, le $CO_2$, l'eau et la lumière en biocarburant, nous avons une symbiose efficace. Pour couronner le tout, le processus génère des emplois. Combien d'emplois ? Si les dix mille centrales électriques (les plus gros émetteurs de $CO_2$) et les cimenteries des États-Unis, d'Europe, de Chine et des autres pays industrialisés appliquaient ces technologies,

elles nécessiteraient, en moyenne, cent emplois supplémentaires chacune. C'est donc un million de postes qui pourraient être créés ! Il s'agirait d'un mariage entre l'ancien et le nouveau, un pont entre les combustibles fossiles, principalement le charbon, et les énergies renouvelables. L'investissement nécessaire à la construction de ces installations équivaut au coût de dix centrales nucléaires à 10 milliards d'euros chacune. Dix centrales nucléaires créeraient-elles un million d'emplois ? Non ! Et combien de temps faudrait-il pour mettre ces dix nouvelles centrales nucléaires en service ? En étant très optimiste, au moins dix ans pour la première !

Si nous abordons la question de manière dépassionnée, en contemplant les impacts sociaux et économiques, en jaugeant les bénéfices nets en matière de retour sur investissement, de création d'emplois, de bénéfices pour la santé et de productions connexes, l'énergie nucléaire n'est pas souhaitable. Aucun écosystème n'a jamais utilisé la fusion nucléaire pour promouvoir sa survie. Les ressorts de nos modèles économiques doivent changer pour se préoccuper plus de la défense de la vie que de l'augmentation des profits. La question n'est pas d'être pour ou contre le nucléaire. Défendre la vie devrait être le point de départ de toute activité humaine. Il est toujours surprenant de constater que nos ingénieurs semblent ignorer de potentielles sources d'énergie, rapidement et largement disponibles. Les découvertes qui répondent différemment à nos demandes en énergie ne sont pas dans la ligne de mire de nos gouvernants, qui s'obstinent à croire que « plus, c'est mieux » ! À tous ces experts et ces stratèges, je voudrais rapporter les paroles de Maria, une jeune élève de 10 ans de Curitiba, au Brésil, qui, constatant le scepticisme d'ingénieurs pétroliers devant l'expérience de la peau de banane et des coquilles d'œuf,

déclara : « Dans vingt-cinq ans, quand je serai grande, je vous prouverai que vous avez tort ! ». Il n'y a rien de mieux pour une civilisation que la motivation et l'envie des nouvelles générations.

# 13

# Corriger les erreurs du passé

À quarante-cinq minutes de voiture de Johannesburg, la capitale industrielle de toute l'Afrique, on se retrouve dans un endroit dévasté et désolé. Véritable décor de film de science-fiction, on fait face au sommet d'un mont qui abrite des mines d'or et d'uranium ayant des galeries qui s'enfoncent jusqu'à quatre kilomètres dans le sol. Au milieu de ce paysage dévasté, on ne peut qu'admirer les prouesses techniques des ingénieurs qui ont permis l'exploitation des filons (0,5 grammes d'or par tonne) des mines les plus profondes du monde. À cette profondeur, la température avoisine les 50 °C, il a par conséquent fallu mettre au point des systèmes incroyables pour permettre à 20 000 mineurs de travailler à température ambiante. De gigantesques machines à fabriquer de la glace ont donc été implantées à 4 000 mètres sous terre. Alors la question qui vient à l'esprit est : est-ce là une solution durable ? Les sociétés minières ne pourraient-elles pas continuer leurs activités et laisser l'environnement dans un état meilleur qu'avant leur arrivée ?

Les lichens sont des mineurs hors-pairs capables d'extraire des roches, sans les détruire, des molécules spécifiques comme le magnésium tout en partageant

leur collecte avec les autres espèces environnantes. Les bactéries réussissent naturellement à séparer et purifier les métaux par chélation, alors que nous avons toujours eu recours à des procédés chimiques agressifs à base de mercure ou de cyanure. Nous manquons probablement des connaissances nécessaires pour rattraper les erreurs commises, mais il est en notre pouvoir de faire mieux à l'avenir. Il est sans doute impossible de transformer l'extraction minière en une opération bénigne, mais on peut mettre en place des stratégies pour minimiser les dommages environnementaux et sociaux.

Du haut d'une montagne de résidus, nous contemplons une de nos réalisations les plus agressives. À coups de dynamite, grâce à des quantités phénoménales d'eau et d'énergie, nous réussissons à extraire d'infimes quantités d'or des profondeurs de la Terre. Les mineurs qui s'enfoncent dans les galeries travaillent dans des conditions abjectes à peine tolérables, pour envoyer de maigres revenus à leurs familles souvent éloignées. Depuis que l'industrie s'est lancée dans une intense automatisation, personne ne sait combien seront encore en vie, ni s'ils seront encore employés, dans une dizaine d'années. Pire, quand une explosion souterraine a lieu, personne ne sait où se trouvent les mineurs !

Le coût énergétique d'une mine avoisine le million d'euros par jour. Mais chaque année, l'air extrait des puits dégage 100 000 tonnes de méthane dans l'atmosphère. Comme de nouveaux filons sont mis en exploitation régulièrement, ce montant pourrait doubler dans les années à venir. Le méthane n'est pas seulement polluant, il est aussi explosif, les outils ont donc besoin de subir un traitement spécial pour empêcher qu'ils ne fassent des étincelles. C'est pourquoi

ces outils à base de cuivre, titane ou molybdène sont excessivement chers. Voilà tout ce qu'il faut pour extraire de l'or !

L'exploitation minière est une activité économiquement risquée. Même avec l'envolée actuelle des cours de l'or, rien ne garantit que l'extraction de ce métal restera une activité rentable, surtout si tous les coûts associés à la réparation des dommages commis tombent à la charge des compagnies minières. Le minerai d'or extrait en Afrique du Sud est souvent accompagné d'un peu d'uranium ; peu importe, l'ensemble des résidus est déposé dans des déchetteries à ciel ouvert. L'atmosphère est en permanence embrumée, non par la pollution de la ville, mais par les poussières issues de la fraction des gangues de minerai, poussières contenant des particules d'uranium qui vont contaminer le sol et l'eau, exposant les humains et les autres animaux à des risques mortels. De nombreuses associations et organisations de protection de l'environnement mettent une pression continue sur les entreprises pour prendre en compte ces risques. Malheureusement, les actionnaires préférant un (illusoire) retour sur investissement, aucun des plans de réduction des risques n'est jamais remonté aux membres des conseils d'administration !

L'activité minière induit des risques sanitaires majeurs. Johannesburg s'est élevée autour des mines et est sans doute la seule grande ville industrielle à n'être ni arrosée par un fleuve ni baignée par la mer. Il a donc fallu construire un pipeline de 30 kilomètres de long pour aller puiser l'eau nécessaire, ce qui se fait bien sûr au détriment des agriculteurs locaux. La région qui était autrefois le potager de Johannesburg est maintenant lardée de puits de mine, de déchets et de lacs boueux. À présent, l'eau est de surcroît souillée à un degré tel

qu'elle est devenue impropre à la production de nourriture ; l'élevage de bétail n'y est pas recommandé ! Pourtant, on trouve encore des populations qui, pour survivre, font paître leurs troupeaux dans ces zones impossibles. Les dirigeants des compagnies minières en sont réduits à tout faire pour « convaincre » les nécessiteux de ne plus utiliser la terre pour une quelconque forme de production agricole. Les géologues et les biologistes améliorent continuellement leur compréhension de la façon dont les toxines sont assimilées par l'eau, l'air ou le sol. Les plantes à feuilles accumulent les toxines dans leurs tissus ce qui crée des risques pour la santé, en particulier à cause de la transmission et de la contamination aux animaux les ayant mangées. Mais les données statistiques sont rares, les chiffres, peu fiables. Ni les dirigeants, ni l'administration ne parviennent à avoir une image complète ou une compréhension claire de ce processus complexe.

Ces contraintes environnementales et sociales ne sont pas les seules pressions s'appliquant aux sociétés minières. Alors même que le cours de l'or s'éloigne de son plus haut historique, les coûts d'extraction n'ont, eux, jamais été aussi élevés. En outre, autre fait aggravant, le réseau électrique sud-africain traverse de nombreuses difficultés. Eskom, l'opérateur électrique sud-africain, a déjà prévenu les compagnies minières qu'il ne pourrait pas faire face à une hausse de la demande, du fait d'une capacité insuffisante. Aux coûts exorbitants de l'énergie nécessaire pour les pompes à air et à eau s'ajoute donc le risque de ne pas être approvisionné. Les exploitants ont dû se tourner vers des solutions de remplacement et ont massivement investi dans de gigantesques générateurs diesels pour garantir la sécurité et des conditions de travail acceptables aux

milliers de mineurs sous terre. Il faut aussi de l'énergie pour remonter à la surface les minerais extraits en profondeur. Quand l'électricité vient à manquer les mines peuvent être fermées pour une à deux journées par semaine. Comment rester compétitif dans ce contexte ? Et, surtout, comment protéger ses ouvriers dans des conditions aussi aléatoires ?

La liste des problèmes techniques que l'industrie minière doit résoudre est longue : l'extraction des minerais dans les zones poreuses, les nuages de particules d'uranium, la désertification des terres consécutive à la captation d'eau, la gestion des excavations causées par ces captations et la contamination des sols et des nappes phréatiques par l'uranium, mais aussi les conditions d'hébergement des ouvriers, etc. Visiter ces mines et constater tous ces problèmes de visu est à vous faire désespérer d'y voir un jour des conditions sociales décentes et une terre épargnée. La solution n'est pas dans la culpabilité mais dans l'étude objective des contraintes et la mise en place d'un nouveau modèle économique profitable pour les actionnaires comme pour les communautés locales. Mark Cutifani, ancien PDG d'AngloGold Ashanti qui dirige maintenant le géant minier anglo-américain, fait partie des défenseurs de la recherche de solutions meilleures et innovantes. Il n'est hélas pas certain qu'ils réussissent à changer le modèle.

## Panser les plaies

Deux siècles d'intense exploitation minière ont laissé des traces visibles et d'autres dont on ne se rendra compte qu'au fil du temps. L'apparition de nouveaux outillages et d'une connaissance plus fine de la géologie

va permettre l'introduction de techniques moins destructrices et plus efficaces. Un jour, peut-être, pourrons-nous imaginer un système de production et de consommation des minéraux qui regénère les écosystèmes détruits.

D'un point de vue strictement économique, la crise actuelle va pousser les exploitants à réduire les coûts à tous les niveaux. Réalisant les limites de la poursuite des activités traditionnelles (*business as usual*), les dirigeants doivent continuellement chercher de nouveaux moyens de réduire les dépenses. Cependant, nous pouvons identifier des technologies applicables et des solutions économes en énergie permettant à la fois de réduire les coûts et de préserver la trésorerie. Ces innovations peuvent générer de nouveaux débouchés et créer du lien social à même de soutenir les communautés locales une fois les mines épuisées. Si nous pouvions économiser plus, en générant de nouveaux revenus et en remédiant aux dommages environnementaux, le tout avec une mise de fonds moindre, tout le monde y trouverait son compte. Nous pourrions convertir les actifs et les provisions en placements et veiller à ce que les actifs bloqués dans les bilans des entreprises minières deviennent des atouts. Cela nécessite juste de penser « en dehors du cadre ».

## Transformer la pierre en papier

Un des plus gros investissements d'une mine concerne la gestion des déchets : pierres et gravillons. Les ingénieurs des mines ont appris à créer des dépotoirs où des roches à faible pH sont stockées à jamais, transformant des plaines en montagnes. Les résidus miniers non ferreux ou même de terres rares, issus du broyage

des minerais une fois traités et expurgés de tout métal précieux, sont eux aussi stockés pour l'éternité. Ces boues sont transportées sur de grandes distances et pompées dans des barrages où elles vont rester indéfiniment. Durant son exploitation, une mine d'or peut produire un milliard de tonnes de pierres et résidus, et donc nécessiter un barrage d'une hauteur de plus de 100 mètres pour contenir tous les déchets. Le permis temporaire de forer une mine s'accompagne toujours du permis perpétuel de déverser des déchets dans la Nature.

Or, il y avait une problématique évidente : qu'est-il possible de faire avec les résidus et les roches ? La réponse standard des experts en exploitation minière est que s'il existait une utilisation rentable, nous l'aurions adoptée depuis longtemps et chacun aurait maintenant recours à cette même solution. Il n'est pas si facile d'emmener les experts en dehors de leur zone de confort tant qu'il n'y a pas une crise à gérer. La chute des prix de l'or et les besoins en capitaux pour exploiter des gisements rocheux ou construire des barrages pour le stockage des déchets peuvent condamner l'extraction. Des solutions révolutionnaires ne pourront jamais être trouvées à l'intérieur du cercle de la sagesse prête à l'emploi, elles devront venir de l'extérieur.

Comme on a commencé à le voir au premier chapitre, la Chine a inventé le papier il y a deux millénaires et elle est maintenant en train de le réinventer. En 1990, Shih Huei (William) Liang, de Taïwan, jouait avec une question : « Pourrions-nous fabriquer du papier sans avoir à couper des arbres ? ». Il a travaillé éperdument et a conclu, après douze années de recherche, qu'il pouvait mélanger 20 % de matières plastiques (vierges, recyclées ou biodégradables) avec 80 % de pierres concassées pour produire un nouveau papier

dont la fabrication ne nécessite pas d'eau. Il a appelé son invention « papier de pierre[1] ». L'industrie de la pâte à papier était trop occupée à trouver une réponse à la numérisation rapide des médias pour prêter attention à l'arrivée d'un tout nouveau concurrent : un papier fabriqué à partir de déchets broyés. Elle regardait dans une autre direction et les compagnies minières continuaient d'accumuler leurs déchets sans espoir de changement.

Il a fallu plus de quelques années à Liang pour trouver la formule pour le papier de pierre. Il lui a fallu dix-sept ans pour mettre au point les machines. Maintenant, Liang offre aux mines l'opportunité de transformer toutes les roches – écrasées en particules de poussière de 3 à 5 microns – en papier le plus sophistiqué possible. Le coût en capital ne représente que le tiers de celui d'une papeterie moderne et, comme aucune eau n'est nécessaire dans sa production, il est un complément idéal à toute industrie primaire. Alors qu'un barrage pour stocker des résidus peut coûter jusqu'à un milliard de dollars de capital (pour un stockage infini), le papier de pierre va générer de l'argent, éliminer des besoins en investissement et réduire les risques environnementaux. Combien de temps les mines pourront-elles soutenir que la fabrication de papier n'a pas vocation à devenir un de leurs métiers ? Et combien de temps les papeteries traditionnelles exigeront-elles encore que le papier pierre ne fasse pas référence au papier et soit appelé « feuilles de pierres » ? Devrions-nous pas rappeler aux fabricants du cellulose que ce sont bien les Chinois qui ont inventé le papier il y a deux milles années, et ont maintenant réinventé le papier ?

---

1. *Stone paper*, en anglais.

Après que Liang a inauguré en 2008, à Taïwan, sa première usine d'une capacité de 18 000 tonnes par an, il a continué d'améliorer procédés et commercialisation, et la première production industrielle à grande échelle a démarré à Benxi City, près de Shenyang (Chine), en septembre 2013, pour une capacité de 120 000 tonnes. En 2019, trois autres usines de papier de pierre ont été construites en Chine pour atteindre une production totale proche d'un million de tonnes par an. La première usine chinoise a créé environ mille emplois. De plus, il faut savoir que la conversion des rouleaux de papier en produits finis (cahiers, papier d'emballage, étiquettes pour bouteilles de vin, etc.) génère quatre mille emplois supplémentaires par tranche de 100 000 tonnes de papier fabriquées. Le Japon a suivi avec une première usine, copiant la technologie avec une expansion rapide grâce à un co-financement de Goldman Sachs.

La demande mondiale de papier devrait atteindre 500 millions de tonnes d'ici 2020. Environ la moitié du marché concerne des tissus absorbants qui continueront à dépendre des fibres de bois[1]. L'autre moitié est de plus en plus revêtue de polymères pour résister à l'eau[2] ; elle pourrait, en une génération, avoir comme matière première la pierre. Le milliard de tonnes de déchets autour de Johannesburg est suffisant pour fournir au monde quatre ans de papier ! Cela deviendrait la plus grande création d'emplois en Afrique du Sud. Et tout cela grâce à des déchets miniers rejetés pendant deux siècles !

Les sceptiques critiquent l'utilisation de 20 % de polymères. La dernière chose à faire serait pourtant

1. Le papier de pierre est hydrophobe.
2. Le bois est hydrophile.

de bouleverser les systèmes de recyclage de papier existants, qui sont parmi les les plus réussis (et coûteux). Liang a tenu compte de cette opportunité. Tout d'abord, une petite quantité de papier de pierre peut être mélangée à du papier ordinaire recyclé, puisque le matériau à base d'arbre est déjà empreint de polymères. En outre, le papier de pierre a l'avantage d'être recyclable indéfiniment ; c'est un minéral qui ne peut pas être détruit avec des polymères dont la durée de vie est de plus de deux milles ans. Ainsi, une véritable solution de recyclage peut être mise en place surtout dans des négoces entre entreprises (B2B), dont les niveaux d'efficacité atteindront des niveaux inconnus de Sappi et Mondi, les deux géants du papier sud-africains. Mpho Parks Tau, alors maire de Johannesburg, a été convaincu par cette proposition et a chargé, en 2016, le Conseil pour la recherche scientifique et industrielle (CSIR) d'entreprendre une étude de faisabilité. Les analyses ont conclu que l'élimination des stocks de résidus les plus proche des centres-villes permettrait un retour sur investissement de 20 %. Cela fait des décennies que l'industrie minière aurifère ne rêve plus de tels niveaux. L'étude était enthousiaste, mais la recherche immédiate d'intérêts ont assuré la primauté des usines en Asie restent les seuls, laissant en Afrique du Sud contaminée pour encore quelques décennies.

Réduire les déchets, réduire les investissements, augmenter les recettes et les emplois, voilà une proposition concurrentielle, mais l'avantage le plus important de cette technologie pour l'environnement, c'est qu'elle va permettre de réallouer des millions d'hectares de terre condamnés à l'agriculture ou à la sylviculture, c'est-à-dire à la production de nourriture ou à la recréation de forêts qui favoriseront la fertilité des sols et la filtration

des eaux. Qui aurait pu s'attendre à ce qu'une mine contribue à la sécurité alimentaire et à la biodiversité ? Cette logique de l'économie bleue peut amener aux conceptions de sociétés durables les plus surprenantes.

## Capter le méthane

Quelques mines produisent beaucoup de méthane, un gaz à effet de serre qui influe directement sur le changement climatique. Le volume de méthane émis par un puits est équivalent à celui d'une centrale thermique de 30 mégawatts. Sur l'hypothèse erronée qu'en dessous d'une concentration de 0,2 % il est impossible à extraire, le méthane est rejeté dans l'atmosphère. Si, au lieu de cela ce « déchet » était capturé pour être exploité, il pourrait fournir une partie de l'énergie que les exploitants miniers achètent à l'extérieur, ce qui soulagerait d'autant les capacités d'ESKOM.

Les signataires du protocole de Kyoto peuvent obtenir des crédits-carbone pour la capture ou la réutilisation du méthane. La première société sud-africaine à en avoir bénéficié a été la société Gold Fields, pour la mine Beatrix. Le méthane est 21 fois plus polluant que le carbone et, comme les crédits-carbone sont calculés en équivalent $CO_2$, cela peut représenter près de 10 millions d'euros sur quatre ans ! Un retour sur investissement pour les tuyaux à installer pour capturer et transporter le méthane est possible dès la première année. Il est bon que la lutte contre le réchauffement climatique ne devienne pas un désavantage concurrentiel, mieux le prix par tonne est élevé car tout revenus sont réservés pour améliorer la sécurité dans les mines. Les crédits-carbone ne doivent pas être qu'une

contribution financière additionnelle au compte de résultat, mais aussi une opportunité pour mettre en place des mesures visant à plus de bien-être social et de sécurité au travail. Mais convertir du méthane uniquement en crédits-carbone dans un pays où les coupures de courant sont encore nombreuses serait mesquin. Les mines ont plus à offrir que des crédits-carbone.

Un taux de méthane de 0,1 % dans l'air peut permettre la production de 3 millions de tonnes chaque année. Tous les puits autour de Johannesburg ont le potentiel pour produire 6 millions de tonnes de méthane, chaque année, pendant vingt-cinq ans. Les technologies de purification d'air actuelles nécessitent une concentration supérieure à 0,5 %. Certains puits dépassent ce seuil tandis qu'ailleurs les taux sont artificiellement baissés en mélangeant des flux d'air fraîche de différentes concentrations afin d'arriver à une moyenne en dessous de la norme. Des ingénieurs un peu audacieux ne devraient pas avoir de mal à abaisser les seuils d'extraction pour rendre la purification de l'air efficace même avec des concentrations faibles ! Pourtant, avec un taux de 0,1 %, l'exploitation du méthane serait tout juste rentable. Dans le cadre des mécanismes de développement propre du protocole de Kyoto, il existe des aides pour subventionner les investissements de ce type. Un programme utilisant des technologies vortex, des éoliennes, des échangeurs thermiques et de l'eau potable devrait, lui, créer suffisamment de valeur.

Megtec Systems AB, une société suédoise qui fabrique des systèmes de purification d'air, a installé des équipements pouvant récupérer efficacement le méthane à des concentrations inférieures à 0,1 %, sans avoir besoin d'un apport supplémentaire d'énergie. La société australienne West Cliff Collier Power Plant a construit

déjà en 1983 une usine fonctionnant avec le méthane contenu dans l'air qui produit 1,2 mégawatt d'électricité. Deux ans plus tard, elle a mis en exploitation une usine plus grosse, ayant une capacité de 12,5 mégawatts. Au cœur de cette technologie, une oxydation contrôlée des molécules de méthane contenues dans un volume d'air (une des caractéristiques de l'air ventilé par les mines). Il est important de comprendre que le taux de méthane est inférieur à 1 % et que le projet utilise un cinquième de l'air d'un puits.

C'est un modèle qui fonctionne comme la Nature, en utilisant ce qui est disponible localement et utile pour servir une action donnée. Le système fonctionne même avec des quantités infimes de méthane. Si les mines géantes de Johannesburg utilisaient la technologie de Megtec ou une équivalente, elles pourraient alimenter des usines de 90 à 180 mégawatts, soit la moitié de leurs besoins énergétiques. Il s'agit là d'hypothèses suffisamment fiables pour justifier une étude plus poussée. De nombreuses mines pourraient faire de même, pour peu que les équipes dirigeantes changent leurs perspectives. Un jour, sans doute, quelqu'un verra le bénéfice qu'il y a à capturer le méthane pour l'échanger contre des crédits-carbone, le transformer en électricité et protéger la planète. Une opportunité qui n'attend que son champion.

## Convertir les coûts associés à l'eau en revenus

Une eau claire et pure est extraite des fissures au fond des galeries. Exempte de bactéries, elle est enrichie par son contact avec les filons d'or. Elle est utilisée pour diluer l'eau souillée par l'extraction minière afin

d'atteindre les seuils autorisés. Il est difficile d'imaginer une utilisation plus aberrante d'eau pure : la mélanger à une eau toxique afin que cette dernière passe les standards de sécurité ! L'Afrique du Sud souffre d'une pénurie d'eau chronique. Pour les années à venir, les prévisions d'écarts entre l'offre et la demande sont alarmantes. L'eau de Johannesburg est pompée à grand frais du Lesotho, alors qu'une mine d'or comme Driefontein & Kloof siphonne chaque jour 100 000 mètres cubes pour diluer l'eau polué.

Au lieu de diluer de l'eau polluée avec de l'eau pure, des bactéries ou des solutions vortex pourraient simplement et économiquement séparer les toxines et les impuretés des eaux de traitements. Dépenser 450 millions d'euros chaque année pour pomper de l'eau et la rendre imbuvable n'est pas vraiment en phase avec une société qui souffre d'un cruel manque d'eau potable ! Il serait temps de passer d'une culture de réduction des coûts à une culture de création de revenus ! Avec, rappelons-le, un apport de bénéfices à la société dans son ensemble. Non seulement les besoins en eau de la population peuvent être satisfaits, mais en plus les sociétés minières pourraient développer une lucrative activité de mise en bouteilles d'eau potable !

À cause de la présence potentiellement dangereuse de l'uranium, une technologie comme la chélation serait la plus sûre pour arriver à purifier l'eau. Bien sûr, on pourrait aussi identifier les sources les plus pures. La création d'une industrie d'embouteillage d'une capacité de cent mille bouteilles par jour est une réelle option. Avec un peu d'imagination et de marketing, on pourrait même améliorer le concept et proposer une eau haut de gamme chargée des bienfaits

d'une exposition à l'or ! Avec, pourquoi pas, une paillette d'or à l'intérieur ! C'est assurément un marché potentiel.

La mise en place de cette activité pourrait s'inspirer d'expériences comparables ailleurs dans le monde. En moins de dix ans, la société Fiji Water a atteint plus de 190 millions d'euros de chiffre d'affaires en investissant le marché américain des eaux de qualité. À Hawaï, une société japonaise pompe de l'eau à 600 mètres de profondeur, l'embouteille sur place et expédie chaque jour au Japon deux cent mille bouteilles vendues 9 à 10 euros pièce. En utilisant un réseau de distribution exclusif, les exploitants de Las Gaviotas, en Colombie, offrent de l'eau à tous les habitants du village et fournissent les restaurants de la chaîne Wok à Bogota.

La gestion de l'eau dans une mine est un autre exemple de transformation d'une dépense en une ressource. Considérer les eaux de ruissellement comme une activité séparée capable de compenser les investissements nécessaires à sa captation, c'est aussi démontrer une responsabilité sociale nouvelle pour les entreprises minières. Un beau moyen de changer son image de marque.

## L'énergie à partir de la température et de la pression

Les différences de température consécutives à l'exploitation minière sont une autre source d'énergie potentielle. Les écarts de températures résultent de la fabrication de glace, des émissions d'air chaud et de la cinétique liée au transport des minerais à la surface.

Ils deviendraient des auxiliaires capables de générer de l'énergie si l'on installait des échangeurs thermiques ! Les échangeurs thermiques ne sont pas une technologie nouvelle, et pourtant ils n'ont pas connu beaucoup d'écho dans l'industrie minière à l'exception de la Water Mine Initiative, en service depuis 2008 dans d'anciennes mines de charbon des Pays-Bas et d'Allemagne, et qui parvient à fournir du chauffage central à la ville de Heerlen.

Les jours où l'électricité en Afrique du Sud était presque gratuite sont révolus et des programmes d'économies sont nécessaires. Quand on songe que les nanotechnologies sont capables d'alimenter en énergie un téléphone portable en utilisant un écart de température d'un demi degré, on devrait pouvoir faire des merveilles avec le différentiel de 20 °C que l'on trouve dans les mines. Ces projets de génération d'énergie par les différences de températures sont techniquement et commercialement lancés en Europe (un écart de 3 à 5 °C suffit). Mieux encore : à une profondeur de 4 000 mètres pourquoi ne pas convertir le potentiel en source de courant ?

## Corriger les dommages

La logique de la politique des crédits-carbone, du profit et de la correction des dommages créés s'applique à toutes les sources d'énergie : éoliennes, échangeurs thermiques et générateurs au méthane. Mais il est difficile d'accepter de ne pas faire l'effort de récupérer la moindre pierre quand on voit les succès du papier de pierre en matière de réduction de coûts *et* de création de valeur.

Gold Fields, la société propriétaire d'une des plus grandes mines d'or de Johannesburg, possède plus de 70 000 hectares de terres autour de ses puits. Ces terrains ont été achetés au fil des ans à des fermiers qui ne pouvaient plus cultiver leurs terres du fait du manque d'eau. N'oublions pas que, pour exploiter une mine, il faut une immense quantité d'eau qui, à terme, assèche les nappes phréatiques. À la décharge de Gold Fields, une partie des terres a été consacrée à la culture commerciale de roses, mais la majorité pourrait être dédiée à la production de biocarburants. L'Afrique du Sud a une politique incitative à base d'avantages fiscaux pour les biocarburants. C'est une bonne chose, sauf quand la production d'éthanol se fait au détriment des cultures vivrières. Un pays qui a du mal à nourrir ses propres citoyens ne doit pas se tromper de priorités. Quand les terres qui pourraient produire de la nourriture (par l'élevage ou la culture) sont détournées de leur vocation, le prix des denrées alimentaires ne peut baisser. La partie des terrains contaminée par l'uranium ne pourra certes plus produire de nourriture, mais elle pourra être dédiées aux biocarburants.

20 000 hectares mis en production pourraient en moins de deux ou quatre ans produire 100 000 à 120 000 tonnes de biocarburants (en fonction des plantes choisies). En parallèle, des arbres invasifs et gros consommateurs d'eau comme l'eucalyptus et l'acacia noir (*acacia auriculiformis*) pourraient être arrachés et remplacés par des espèces moins gourmandes en eau et riches en huile. Des champignons pourraient alors être produits sur la biomasse riche en huile de ces arbres (pour peu qu'ils ne soient pas contaminés). En outre, on pourrait capter le méthane de ces plantations. Les populations autour des mines, dont le taux

de chômage dépasse les 50 %, trouveront des emplois dans cette exploitation. En adoptant ce plan de biocarburant, les mines peuvent contribuer à la réduction des gaz à effet de serre.

Transformer les mines en centres de profits multiples qui réhabilitent la campagne, produisent du papier de pierre, du biocarburant et de l'eau, renouvellent la biodiversité, créent des emplois et encouragent l'utilisation de nouvelles technologies, c'est ce que l'on appelle une activité équitable. C'est la création d'une nouvelle image de marque qu'aucune campagne de promotion ou de relations publiques ne pourra jamais permettre. C'est une approche nouvelle qui a de multiples ramifications dans toutes les décisions quotidiennes d'un dirigeant soucieux d'améliorer les recettes et de limiter les dépenses. D'un point de vue managérial, la création de valeur par la réduction des coûts d'exploitation et de nouveaux débouchés, c'est vraiment la cerise sur le gâteau. Tant mieux ! Si de telles pratiques faisaient partie de nos réflexes de management, les problèmes considérés jusqu'alors comme des contraintes et des pertes de temps deviendraient des activités rentables.

## Transformer les minerais par chélation

Il reste à traiter le problème des résidus d'uranium. Quand il y a de l'or, il y a très souvent aussi de l'uranium. Le thallium et le cuivre sont aussi des sous-produits traditionnels de l'exploitation minière. C'est ce que l'on appelle les « minerais complexes ». Quand les cours de l'uranium ont baissé, l'extraction de l'uranium dans les mines d'or a cessé d'être une activité rentable. Un produit commercialisable est devenu un déchet... et

quelques années plus tard l'uranium contaminait rivières et sols. Selon certains militants écologistes, la situation a atteint des proportions dramatiques et les coûts de décontamination se chiffrent en centaines de millions d'euros. Mais tant que les techniques de nettoyage et les chiffrages ne seront pas au point, les exploitants pourront continuer de faire comme si de rien n'était et transmettre le problème aux générations suivantes. Le jour où les risques deviennent visibles, une société cotée en bourse se voit obligée de provisionner des sommes dans son bilan. Ces provisions vont à terme impacter le cours en bourse. C'est ce qui s'est passé dans les années 1960 avec l'amiante et les polychlorobiphényles (PCB). General Electric aux États-Unis et ABB en Suisse ont soldé des plaintes vieilles de trente ou quarante ans pour des montants de respectivement 500 millions et un milliard de dollars.

Les opportunités dans le domaine de l'eau et de l'énergie que nous avons décrites sont réalistes. Si les dirigeants veulent éviter l'impact négatif de pertes comptables et la pression sur les cours boursiers de leurs entreprises, ils doivent entamer des démarches proactives pour traiter maintenant l'uranium dans le sol et l'eau. Les analystes, avant même que les entreprises ne chiffrent ces provisions, font des calculs basés sur les coûts estimés de décontamination. Mais ces recommandations boursières ne résisteront pas à une hystérie médiatique le jour où l'opinion publique s'emparera de ce scandale. Le coût pour investir maintenant dans des technologies transformant ce problème en solution est sans commune mesure avec les sommes à provisionner ou à dépenser dans l'urgence.

Les technologies de chélation sont connues depuis des dizaines d'années. Cette méthode consiste à isoler

les métaux précieux et les composants toxiques comme l'uranium, le thallium ou le plomb. Les ligands[1] de chélation rendent le métal inerte en se liant avec les ions métalliques. Plusieurs entreprises ont développé des techniques de chélation s'inspirant des bactéries en combinant l'expertise de Polaroid dans la photographie instantanée et les techniques de chimie de surface. Les solutions proposées permettent la récupération de métaux même en infime quantité. C'est ainsi que le champignon oreille de judas (*auricularia polytricha*) piège le cuivre et que le géranium récupère le plomb. Leur efficacité est un million de fois supérieure aux méthodes actuelles de fusion telles que pratiquées par les usines de récupération des métaux précieux à partir des vieux appareils électroniques.

Les dirigeants ne devraient pas oublier que l'exploitation d'une mine est un processus irréversible qui « épuise » les sources de matières premières. Les réserves d'or auront sans doute disparu dans un demi-siècle. Les procédés de la chelation permettent d'exploiter au mieux les filons en extrayant l'or, l'uranium, le thallium ou tout autre minerai pur. La récupération de l'uranium disséminé actuellement dans les terrils et la campagne pourrait être financée par la trésorerie disponible. Cela revaloriserait la région et démarrerait une nouvelle activité économique. Un bon moyen pour éviter les problèmes que GE ou ABB ont eu à résoudre quarante ans plus tard !

Les techniques de chélation d'origine bactérienne ne se limitent pas à l'extraction de métaux lourds. Dans les

1. Un ligand est un atome, ion ou molécule, portant des fonctions chimiques lui permettant de se lier à un ou plusieurs atomes ou ions centraux.

régions où l'eau est extrêmement rare, comme dans les mines d'or du Venezuela et du Burkina Faso, le savoir-faire permettrait une exploitation en circuit fermé. En recyclant l'eau, ces technologies rendent obsolètes les réseaux de pipelines, les approvisionnements en eau par camion ou les dispendieuses unités d'osmose inverse. Pour les nouvelles mines riches en thallium, ces procédés peuvent même aider à l'extraction. Le thallium 203, d'une grande pureté, est vendu plus de 1 700 euros au kilo par le Los Alamos National Laboratory. Produire ainsi ce n'est pas seulement éviter des problèmes, mais véritablement exploiter un filon par filtration et sédimentation. Cela réduit les coûts lors de l'extraction et, une fois la mine fermée, élimine les coûts de décontamination. Des terres propres à proximité de grandes villes sont aussi un investissement foncier à ne pas négliger. À Las Gaviotas, le meilleur rendement est le foncier. Dans le cas des mines d'or d'Afrique du Sud, la valeur des immenses terrains conquis par les exploitants peut, à terme, aider au maintien des cours de bourse.

Les technologies de chélation présentent un autre avantage potentiel : la cohabitation de l'exploitation minière industrielle et artisanale. Alors que les grandes sociétés respectent des règles environnementales strictes, les petits exploitants sont souvent moins scrupuleux, notamment en ce qui concerne le mercure. Si les géants miniers adoptaient la technologie de chélation, le reste de l'industrie serait heureux de pouvoir traiter aussi ses résidus toxiques. Les fabricants d'or pourraient garantir une meilleure qualité, augmenter les normes du marché mondial et, plus important encore, éliminer les intermédiaires et les vendeurs alternatifs qui confisquent aux « artisans » la plus grande partie des profits. Quand de petites exploitations « massacrent »

les gisements d'or qui ne sont pas compétitifs pour les grands opérateurs, l'arrivée de ces innovations pourrait rendre cette exploitation viable et responsable. Pour un groupe minier, c'est la possibilité d'augmenter de 30 % son chiffre d'affaires sans mobiliser 30 % de dépenses en capital en plus. Pour une société plus petite, c'est la possibilité de générer un meilleur revenu en préservant l'environnement et en contrôlant l'émission de substances mortelles.

## Convertir les mines en bioraffineries

C'est une bonne chose que l'exploitation minière requiert une perspective à long-terme. Une fois un filon détecté, avant de toucher le premier euro, il faut obtenir un permis d'exploitation et préparer l'extraction. Les compagnies minières doivent aussi prévoir au démarrage des sommes pour la réhabilitation et la revalorisation des mines une fois qu'elles auront été exploitées. C'est une industrie qui sait pertinemment que le futur doit être imaginé aujourd'hui. 160 000 hectares de terrains à moins de quarante-cinq minutes de voiture du centre de Johannesburg représentent un potentiel de valeur non négligeable pour des actionnaires de compagnies minières. L'agriculture n'est pas le seul secteur à pouvoir envisager une multiplicité de débouchés issus du concept de bioraffinerie. Au niveau local, les mines peuvent aussi y parvenir. Si on invente un système où les résidus sont traités, l'uranium extrait et revendu, et les terres réhabilitées, le passé culturel et historique de la région peut être revalorisé. Cette valeur potentielle est peut-être le dernier euro de revenu extractible. Les milliers d'hectares que possèdent les compagnies

minières ne sont même pas inscrits au bilan des sociétés (seuls les puits et les galeries apparaissent). La valeur foncière de ces terrains est nulle, mais complètement sous-estimée.

Il suffit parfois d'un regard extérieur pour voir la beauté de ce que l'on a sous les yeux tous les jours. C'est pourquoi les équipes de l'économie bleue qui sillonnent le monde tiennent toujours compte de l'impact futur de leurs actions. Si, en quelques années, une mine d'or ou d'uranium est convertie en une unité d'extraction d'eau et de production d'énergie, il faut aussi envisager que la visite des galeries et des merveilles de technologies qui permettent l'exploitation à 4 000 mètres sous terre peut devenir une attraction publique rentable. Johannesburg est une des cités les plus dynamiques d'un pays africain parmi les plus fascinants. Son complexe minier a le potentiel d'être inscrit sur la liste du Patrimoine mondial de l'humanité de l'Unesco en tant que témoignage historique et économique !

L'absolue nécessité pour les mines de modifier les conditions économiques d'extraction et de proposer des améliorations sociales a rarement été considérée d'un point de vue multiple. Les mines de Johannesburg ont une possibilité insoupçonnée d'interconnexions et de mélange des diverses technologies. Les quelques solutions présentées existent déjà, maintes ont été réalisées, et plusieurs ont besoin de recherches additionnelles, mais ce qui est certain c'est que l'exploitation minière ne peut plus continuer sans rien faire, ou simplement améliorer progressivement leur performances. Les mines ont fait l'objet de nombreuses critiques bien fondées et sont dans le collimateur des gouvernements et des associations de défense de l'environnement. C'est une industrie qui doit changer et les changements présentés

ne devraient pas effrayer, au contraire les proposition contribuent à la rentabilité, à la mitigation des effets de serre et rendent le contexte social plus juste.

Une mine inscrite sur la liste du Patrimoine mondial de l'humanité, qui produit de l'eau potable (gratuite pour les pauvres et embouteillée dans des bouteilles dorées pour les riches), vend des crédits-carbone, réduit ses coûts d'exploitation en auto-fournissant une partie de ses besoins énergétiques, produit des denrées alimentaires et crée des emplois directs et induits, gagnerait le respect de l'humanité entière et l'aval des marchés boursiers.

## Optimiser les données économiques

Pas besoin d'être un analyste financier pour transposer ces opportunités en revenus, ni d'être un grand stratège pour comprendre la valeur d'une prise de risque moindre associée à des bénéfices sociaux. Comprendre la richesse des possibilités n'est pas ce qui est demandé... Ce qu'il faut, c'est changer la culture de gestion d'entreprise. Attention, c'est un véritable effort, car nous allons essayer de passer d'une perspective unique (mono-marché ou mono-produit) à une perspective multiple abordant des interconnexions et des conséquences éloignées du cœur de *business*. C'est ce changement qui est notre défi le plus important. Une mine d'or restera une mine d'or, mais les nombreux débouchés nouveaux et les diverses autres ressources doivent maintenant être intégrés aux calculs de réduction des coûts, d'améliorations, de nouvelles ventes, de gains en capital à long-terme, de capitalisation boursière, de réduction des risques, de hausse du

*cash-flow* et d'amélioration d'image. Il ne s'agit après tout que des caractéristiques d'une entreprise florissante et sachant où elle va !

La bonne direction à prendre, c'est de s'inspirer de ce qui a été fait ailleurs et de financer la valeur réelle et future des avoirs (matériels et intangibles). Une direction convaincante s'appuyant sur la science et l'économie qui n'attend que l'accord des comités exécutifs et des actionnaires pour se confirmer. Les sociétés minières en Afrique, en Russie, en Chine, aux États-Unis et en Amérique latine ont la chance incroyable de pouvoir tourner le dos à un passé noir pour écrire une nouvelle page de développements et de prospérité.

# 14

# Construire avec et pour les flux

Toute espèce vivante cherche un abri, que ce soit un nid, une coquille ou la membrane d'une algue. Chaque être vivant crée des frontières subtiles qui délimitent l'intérieur de l'extérieur. Chaque créature définit son propre schéma pour atteindre la stabilité, le contrôle de la température et de l'humidité, pour stocker ses réserves et protéger sa santé et survivre.

Au fil du temps, la conception et la réalisation des abris humains a subi énormément de transformations sans que ce soit toujours des améliorations. La forme de notre habitat dépasse le simple concept d'abri pour répondre aussi à nos envies de confort, de beauté, de prestige ou d'agrément. Nous entrons maintenant dans une nouvelle période de modernité glissant vers la domotique, où progrès et confort vont nécessiter toujours plus d'électronique et de robotique. La plupart d'entre nous passons la majeure partie de notre temps à l'intérieur : au domicile, à l'école ou au travail. Nous passons huit heures à dormir, huit heures à l'école ou au travail, et le reste est consacré aux déplacements et aux activités domestiques. La conception des bâtiments où nous passons les deux

tiers de notre temps devrait donc tenir compte de notre santé et de notre sécurité. Or, aussi surprenant que cela paraisse, la clé d'un environnement sain est, une fois encore, le pH.

Les océans avec un pH moyen de 8,2 sont le berceau de la vie sur Terre. Les écosystèmes et leur formidable puissance vitale prospèrent en milieu basique (un pH élevé). Pourtant, la plupart de nos environnements, intérieurs ou extérieurs, sont d'une extrême acidité (un pH bas). Notre utilisation forcenée des énergies fossiles et les émissions massives de $CO_2$ rendent chaque jour l'air toujours plus acide. Il n'y a plus d'échappatoire dans les villes ou les zones industrielles ; ceux qui vivent à la campagne ou dans des zones côtières sont un peu moins affectés. Mais si vous habitez une métropole comme New York, Sao Paulo, New Delhi, Los Angeles, Paris ou Johannesburg, vous vivez dans une atmosphère dont le pH est juste au-dessus de 4. Attention, le pH est mesuré sur une échelle logarithmique, ce qui veut dire qu'un pH de 5 est 10 fois plus élevé qu'un pH de 4, qu'un pH de 6 l'est 100 fois plus, etc.

Faisons une analogie avec le remarquable fonctionnement de notre système digestif. La nourriture ingérée arrive dans notre estomac dans un environnement excessivement acide où les composants vitaux sont rapidement et efficacement extraits des graines, des végétaux, de la viande et des autres aliments. L'intestin grêle prend alors le relais pour absorber et distribuer les nutriments dans le sang. Pour fonctionner correctement, il a besoin d'un environnement basique ! De façon analogue, notre chambre à coucher, où nous nous reposons et réparons notre corps, a besoin d'un pH basique. Pour créer un environnement sain et bienfaisant, nous devrions commencer par nous occuper de

nos domiciles en maîtrisant les flux d'air et en sélectionnant les matériaux.

Mesurer le pH à l'intérieur de nos maisons, c'est constater combien l'air est acide en zone urbaine et ne s'améliore pas entre l'extérieur et l'intérieur. La qualité de l'air est dégradée par le dégazage de tout ce qui nous entoure. Quel paradoxe : faire attention à tous ce que nous mangeons et buvons en équilibrant les aliments acides et basiques, et respirer continuellement un air acide ! Le pire étant que nous inhalons un air acide pendant que nous dormons. Mettre en place l'économie bleue, c'est avoir un air respirable moins pollué et acide. Dès à présent, nous pouvons faire en sorte que la conception de nos bâtiments évolue vers un environnement plus alcalin.

## Sept flux pour concevoir un bâtiment

Comme les médecins, les architectes exercent une profession dans laquelle les pensées sont très « connectées ». Hélas, ils souffrent parfois d'une extrême compartimentation du savoir. Ainsi pensent-ils que les problèmes d'acidité sont des sujets pour les chimistes, et même les architectes les plus avancés en matière d'environnement, ceux qui bâtissent des bâtiments HQE[1] (haute qualité environnementale), proposent que les édifices économisent de l'énergie, mais presque tous négligent l'importance de contrôler les valeurs de pH. Les mathématiques et la physique dominent

1. On parle aussi de BBC (bâtiment basse consommation). Dans les pays anglophones : *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). (NdT)

l'enseignement des architectes alors que les sciences de la vie sont délaissées. C'est regrettable car des structures physiques basées sur les mathématiques *et* la biologie sont les solutions pour une meilleure santé et de meilleures conditions de vie.

Quand un architecte reçoit la commande d'un nouveau bâtiment, la surface au sol et le volume déterminent les dimensions et les fonctionnalités, par exemple le nombre de chambres, l'intégration de la cuisine et de la salle de séjour, la répartition des salles de classe et de la salle de sport, la création d'une terrasse ou les zones techniques. Très souvent, le premier réflexe est de tenir compte de l'exposition au soleil et d'orienter la façade vers le sud (dans l'hémisphère Nord, le contraire dans l'hémisphère Sud). Cela ne nécessite pas d'inspiration géniale ou de connaissances techniques. Mais les bâtiments ne peuvent pas être vus que comme des structures esthétiques statiques qui répondent à des besoins fonctionnels et respectent les réglementations locales. La construction recherche de plus en plus des matériaux renouvelables et des économies d'énergie (surtout dans les programmes de réhabilitation). Dans la logique de l'économie bleue, il faudrait en réalité tenir compte de sept flux :

- l'air,
- la lumière,
- l'eau,
- l'énergie,
- le son,
- la matière
- les occupants.

Chacun de ces flux influence l'équilibre dynamique sur lequel reposent les conditions de vie. La survie, la

santé et le bonheur doivent toujours être la priorité, vu le temps que nous passons à l'intérieur. La composition et la dimension fonctionnelle de nos domiciles vont déterminer notre santé, notre confort et notre repos.

Avec l'air, il faut tenir compte des poussières. Avec la matière, il faut considérer la nourriture et la gestion des déchets. L'eau inclut les eaux propres et les eaux usées, etc. Pourtant, il semble que nous concevions nos maisons sans tenir compte de ces flux. L'accumulation de poussières peut causer des problèmes de santé. De la biomasse laissée à pourrir est un gaspillage potentiellement dangereux. L'eau de nos égouts déverse des effluents dans des réservoirs où ils seront chimiquement traités pour attaquer les bactéries accumulées. Les déchets générés par notre société de consommation obsédée par les emballages aboutissent dans d'innombrables déchèteries (loin de notre vue ou de notre conscience). Il s'agit de véritables impasses. Par essence, un flux a une dimension dynamique : il faut du mouvement. Si nous voulions faciliter plutôt que gêner nos flux ménagers, nous pourrions profiter d'un large éventail d'innovations capables de participer à des conditions de vie confortables et saines, mais aussi de réduire les coûts et d'économiser l'énergie.

Les systèmes naturels se créent toujours par et pour les flux. Rien n'évolue de façon statique, mais par l'interaction avec ce qui l'entoure. Mieux encore, ce principe fondamental révèle des connexions entre des phénomènes et des objectifs *a priori* divergents. Ce mode de fonctionnement a créé des solutions incroyables que la Nature a adaptées et… modelées. Notre défi est donc d'interconnecter un ensemble de paramètres afin de concevoir nos bâtiments en tenant compte au moins des sept flux. En somme, notre défi est d'imiter les

écosystèmes qui utilisent la physique et les matériaux disponibles localement pour répondre aux besoins fondamentaux et pour promouvoir une plus grande efficacité et diversité. Quand nous nous fixerons vraiment ces objectifs, quand les architectes et les aménageurs privilégieront la santé et le confort, il sera possible, et même assez facile, d'obtenir un meilleur équilibre et des flux plus ouverts.

J'insiste : il faut avant tout apprendre à concevoir des espaces agréables capables de contrôler un niveau de pH acceptable. C'est la clé de voûte d'un habitat encore plus confortable, sans efforts ni coûts supplémentaires. Les bâtiments ainsi conçus seront plus écologiques et sains, les structures plus en phase avec leur environnement et les constructions plus durables. Elles seront mieux que « vertes » ; elles donneront plus que les économies d'énergie d'un toit végétalisé ou le style d'une charpente provenant d'une forêt écoresponsable : en priorité, ces structures vont contribuer à la santé et à l'autosuffisance en s'appuyant sur les ressources et les sources d'énergie disponibles localement. Elles seront conformes à un équilibre sain et dynamique entre l'humanité et les écosystèmes dont nous dépendons pour la fourniture gratuite des communs[1] tels que l'eau et l'air. De tels espaces amélioreraient la vie.

Le premier architecte à avoir mesuré l'importance des flux dans la création des bâtiments et des villes fut Léonard de Vinci. Ses esquisses démontrent une remarquable compréhension des différents et multiples flux, et du besoin de les connecter entre eux et

1. Les communs (*commons* en anglais) sont les services et les systèmes fournis gratuitement par la Nature et qui n'ont pas de valeur commerciale à ce jour.

avec l'extérieur. Mieux encore, il a imaginé des villes reposant sur la circulation de l'eau, des déchets et des personnes. Dans son livre, *Léonard de Vinci, homme de sciences*, Fritjof Capra écrit : « Le soin apporté par de Vinci à la façon dont les mouvements s'écoulent dans les bâtiments ne se limite pas à l'intérieur mais concerne aussi l'extérieur grâce à des portes, des passages, des loggias et des balcons. En vérité, dans la plupart de ses dessins de maisons et de palais, il considérait le jardin comme faisant parti de la maison. Ses concepts traduisent ses efforts continus pour intégrer l'architecture et la Nature. » Une preuve supplémentaire de la vision organique de la construction et de son attention particulière à leur dimension fonctionnelle est visible dans ses travaux en matière d'urbanisme. Témoin en 1482 de l'épidémie de peste à Milan, de Vinci a constaté que la propagation résultait des détestables conditions sanitaires de la ville. Dans son style passionné, il a proposé de reconstruire la cité pour améliorer l'habitat des populations et les abris pour les animaux, et organiser le nettoyage régulier des rues.

## Les crèches modernes

Commençons notre observation des flux entrants et sortants en nous intéressant aux bâtiments occupés par nos bébés et nos jeunes enfants. Les bambins sont les plus sensibles et vulnérables. Ils sont aussi le futur. Les enfants, de même que les adultes avec des troubles du système immunitaire, sont affectés plus rapidement et plus facilement par les dynamiques des différents flux. Ainsi, lorsque les flux sont inappropriés ou obstrués, leur capacité à compliquer la santé ou propager des

maladies est amplifiée. Imaginons un jeune enfant qui passerait la plus grande partie de sa journée dans une pièce saturée :

– de formaldéhyde émise par des panneaux de particules,

– de bactéricides et de pesticides provenant des peintures,

– de métaux lourds issus de jeux multicolores,

– des acérées qui laissent leur excréments dans la moquette causant des risques,

– de composés bromés émis par les produits anti-feu dont sont truffés les matelas, les rideaux et les moquettes.

Dans ce bâtiment :

– les fenêtres ont des triples vitrages anti-UV et de lourds voilages pour réduire la lumière,

– les moquettes sont épaisses pour protéger le sommeil des enfants,

– les systèmes de chauffage et d'isolation sont insonorisés pour les mêmes raisons,

– les couches culottes et les essuie-tout sont parfumés aux arômes artificiels, colorés avec des pigments chimiques et gorgés de parabène,

– l'eau est chlorée,

– les filtres à air contiennent des bactéricides,

– les câbles électriques émettent des charges électromagnétiques qui envoient dans l'air des particules de poussières,

– les sons amusants des jouets électroniques et des radios émettent des ondes radios de même que les appareils de surveillance,

– les antennes Wi-Fi, dont on ne peut se passer pour rester connecté en permanence à nos iPads, émettent des ondes.

Ne nous méprenons pas, chacun de ces objets ou de ces produits a été cliniquement et individuellement testé et approuvé ! Aucun n'est réputé causer des dommages (même si de temps en temps des jouets sont retirés de la vente car contenant des produits dangereux). La réalité c'est que dans cette atmosphère un jeune enfant va déployer des trésors d'énergie pour renforcer son système immunitaire. Mais cette débauche d'énergie pour éviter les attaques et contenir les agressions chimiques se fait au détriment du fond de santé et de l'activité mentale. Les statistiques concernant les problèmes respiratoires ou épidermiques des jeunes enfants sont à cet égard explicites. Et ce n'est que le commencement. Il n'y a personne à blâmer en particulier, mais le système est dans une impasse. La combinaison de tous ces flux perturbés ou bloqués nous conduit à de vrais problèmes de santé, les statistiques actuelles des organismes officiels ont toutes tendance à sous-estimer la situation.

Ainsi, tous ces matériaux modernes et appropriés prévus pour améliorer le confort et la qualité des crèches et des garderies se combinent pour, en définitif, aggraver les difficultés. Il faut donc ré-imaginer le concept dans son ensemble et privilégier des solutions favorisant un environnement qui renforce le système immunitaire plutôt que l'inverse. Il faut des colles ayant les propriétés du gecko ou des moules, des couleurs utilisant les propriétés photo-optiques des papillons ou des scarabées, le contrôle du pH pratiqué par les coquillages ou les algues, des anti-feux d'origine végétale, des systèmes de détection des incendies inspirés des coléoptères, des anti-UV comme ceux des edelweiss, des absorptions de sons similaires à celles de la mouche, des produits d'hygiènes naturels tels que les polymères de soie ou du charbon, des polyesters à base d'algues

ou des lycopènes issus des peaux de tomate ! On peut aussi imaginer le contrôle des bactéries grâce à des vortex, des films protecteurs à base de furanes, du courant électrique généré par le corps humain afin d'éviter les câblages.

De nos jours, 25 % des enfants qui vivent dans des zones urbaines souffrent d'allergies ou de troubles respiratoires. Le système immunitaire qui se développe de manière normale et naturelle, sans exposition excessive à des sons artificiels, à des surcharges chimiques, à des expositions aux ondes Wi-Fi, à un air stagnant chargé de poussières, fonctionnera pour protéger et maintenir la santé et la croissance de l'enfant. Il est temps de reconsidérer nos méthodes pour promouvoir la santé avec les solutions adoptées par la Nature. Johan Gielis, un génial observateur des bambous, a conçu des antennes en utilisant sa dernière super-formule (également appelée « formule Gielis »), qui permet la transmission de données avec seulement une fraction des besoins énergétiques nécessaires aujourd'hui. Suat Topsu, professeur à l'université de Versailles a inventé le Li-Fi, l'Internet basé sur la lumière qui combine des lampes LED à haut rendement énergétique et une connexion internet haute vitesse, éliminant le besoin d'ondes radio qui sont nausives. Ce n'est pas une option, il s'agit de la santé de nos enfants.

### Les flux d'air et de lumière

Autrefois, nos habitations comportaient des toits de chaume et une petite fenêtre sans vitrage ; la circulation de l'air était la norme. De nos jours, pour économiser l'énergie, la plupart de nos bâtiments sont construits

avec d'incroyables systèmes d'isolation, de telle sorte que l'air a du mal à y circuler. La volonté d'économiser l'énergie est louable, mais supprimer la circulation de l'air n'est pas forcément un bénéfice. Les murs ne respirent pas, les toits non plus. Sauf exception, les produits isolants des murs et des toits dégagent des effluents chimiques dans l'air que nous respirons. Les anti-feux utilisés dans la construction sont un autre problème bien connu. Pour diminuer les risques d'incendies, il est obligatoire d'avoir des matelas et des oreillers traités avec des produits spéciaux (testés et approuvés), mais cela se fait en augmentant les risques cancérigènes. Sans circulation d'air, nous créons des doses élevées impossibles à éviter et, nuit après nuit, nous inhalons un cocktail chimique dont nous nous passerions bien.

Bloquer la circulation naturelle de l'air, c'est refuser de voir une certaine réalité. Si nous nous inspirions des minuscules termites et de leur méthodique maîtrise de la ventilation, nous attaquerions plusieurs problèmes : le flux d'air, la composition des matériaux et la gestion du pH. Utiliser les idées mises en place par les systèmes naturels pour résoudre ces problèmes serait un progrès véritable, porteur de solutions durables et de baisse des coûts. Il est possible de favoriser la circulation de l'air et d'économiser l'énergie *en même temps*. Les écosystèmes le font depuis des millénaires. Aujourd'hui, la meilleure façon de réduire la charge chimique due au dégazage, à la contamination bactérienne et aux particules électrostatiques, c'est de créer des courants d'air dans les bâtiments. Il faudrait concevoir des immeubles permettant la régénération de la totalité de l'air chaque heure par jour pour neutraliser les risques d'exposition. Mais ouvrir pendant une heure un bâtiment moderne à

l'air extérieur, chaud ou froid, sec ou humide serait une aberration énergétique... à moins de suivre l'exemple de la Nature.

Une des solutions en vogue pour le chauffage des constructions est le chauffage par le sol. Un entrelacs de tuyaux installé dans les dalles permet la circulation d'eau chaude, ce qui est une solution beaucoup plus rationnelle que le chauffage de l'air dans une pièce. Une amélioration, à la fois moins contraignante et de meilleur marché, a récemment été développée en Corée du Sud par les chercheurs Young-Suk Shu et Tae-Sung Oh, inspirés par la décomposition de la biomasse de plantes sur le sol. Les fourmis et les termites dévorent environ 15 % de tous les végétaux à la création d'une seconde couche du sol. L'aération par les vers de terre et les champignons élevés par les insectes facilite cette décomposition. La chaleur dégagée par la décomposition réchauffe le sol autour de ces zones. Les scientifiques coréens ont développé un film très fin à base de nano-fibres de carbone qui, une fois positionné sous un parquet ou une moquette, peut se réchauffer jusqu'à 36 °C avec juste une petite alimentation solaire de 12 volts. Cette solution était originellement destinée aux serres au Japon ou en Corée afin de maintenir les racines des plantes à température. Ayant permis des économies de 70 % sur les coûts de fonctionnement d'une serre, cette technologie est maintenant disponible en tant que système de chauffage pour les habitations !

Cette innovation est juste un nouveau débouché, elle pourrait être intégrée à la fabrication de moquettes plus écologiques. Leur technologie la plus aboutie est une moquette composée de courtes fibres de carbone tissées sur un primaire de caoutchouc ou de PVC. Les dalles de moquettes sont connectées électriquement par les

fils de carbone et peuvent être alimentées par un mince film solaire appliqué sur les vitres grâce à des cellules à pigment photosensible. Les cellules solaires de la fenêtre ont, outre le pouvoir de créer l'énergie nécessaire pour le chauffage, la capacité de lutter contre les mites (les rayons UV leur sont mortels et la température du sol sera suffisante pour dessécher toutes les miettes et les particules dont les mites sont friandes).

**Leçons des insectes en matière d'humidité**

Les termites sont des agriculteurs ; ils ont constamment perfectionné un système qui utilise la biomasse pour cultiver des champignons. Au fil des millénaires, les termites ont appris que la prolifération des champignons repose sur une maîtrise absolue de la température et de l'humidité, et non sur un terrain parfait. Les termitières sont maintenues à une température constante de 27 °C, avec un taux d'humidité de 61 %. Où qu'ils soient installés, quel que soit le climat, les termites contrôlent ces deux paramètres au moyen de tunnels et de cheminées. Que ce soit à Dallas ou à Dacca, à Oslo ou Osaka, les termites construisent un système d'aération qui tient compte des conditions extérieures pour atteindre les valeurs vitales à l'intérieur. Pour y parvenir, ils adaptent la couleur, la longueur, le diamètre ou la hauteur des cheminées et tunnels de la termitière.

Les cheminées chauffent l'air qui s'échappe du nid et créent du vide à l'intérieur. Qu'il soit chaud ou froid, l'air extérieur est véhiculé par des petits tunnels construits dans les soubassements de la termitière. Quand l'air extérieur est chaud et humide, cela

la rafraîchit et l'assèche, quand il est froid et sec, cela la réchauffe et l'humidifie. Ce phénomène repose sur les lois physiques de base, les termites savent instinctivement quelle hauteur doit avoir une cheminée, quelle longueur et quelle profondeur doivent avoir les conduits souterrains pour obtenir les conditions désirées. Ils ont développé cette faculté pendant des millénaires, sans thermostats ou pompes à chaleur.

Les humains ont appris à réguler l'intérieur de leurs habitats depuis moins longtemps. Du fait de notre manque d'expérience, on commence à peine à maîtriser les modèles mathématiques capables de prévoir les conditions optimales de circulation de l'air. Manquant du savoir-faire des termites, nous faisons appel à l'électricité ou au pétrole comme régulateurs au lieu de faire confiance à la physique. Presque toutes nos inventions nécessitent des équipements composés de pièces mécaniques qui, tôt ou tard, tomberont en panne. Les termites ont conçu leurs solutions sans avoir à se soucier de ces problèmes de maintenance.

## Leçons des plantes et des algues en matière de filtration

Laisser circuler l'air à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment est une première (et grande) étape. Nous pouvons aussi organiser à l'intérieur des flux purificateurs et oxygénateurs (rappelons-nous que l'oxygène favorise l'alcalinité). Pour y arriver, la seule physique ne va pas suffire, il faut aussi un peu de connaissance en biologie, et notamment en plantes et en micro-algues. En fait, il n'est pas difficile de recréer un environnement intérieur qui emprisonne la poussière et attire les

particules au sol. Il y a vingt ans, une petite entreprise, Levande Filter (« les filtres vivants »), a expérimenté un concept de filtre à air directement inspiré des solutions de la NASA pour les vaisseaux spatiaux. Le professeur Lars Thofeldt a perfectionné un système où les plantes jouent un rôle fondamental et, depuis 1998, il installe cette technologie partout dans le monde. En collaboration avec les architectes, sa solution est conçue pour que les turbulences à l'intérieur d'une construction se dirigent sur cent cinquante plantes différentes disposées stratégiquement plutôt en hauteur. La logique de cette solution s'appuie sur l'écologie de la forêt tropicale. En Amazonie, des particules de poussière originaires d'Afrique peuvent être attrapées par des plantes tropicales et entraînées au sol par les pluies. La collection de plantes d'un « filtre vivant » est en permanence éclairée par des LED, toutes les quinze minutes les feuilles sont aspergées d'un nuage de rosée. Ce brouillard nettoie l'air en captant la poussière et les toxines en suspension. L'air est plus riche en oxygène et plus alcalin.

### Leçons des champignons en matière d'assainissement

Quand un bâtiment est fermé et isolé, l'humidité reste piégée à l'intérieur. De longs étés chauds font que l'humidité se condense dans les sous-sols ou les vides sanitaires, et que les moisissures prolifèrent. Cette humidité, dans un endroit fermé, peu aéré, va en effet créer les conditions idéales pour que des champignons envahissent une maison. Or, les champignons libèrent dans l'atmosphère des spores capables de causer des maladies respiratoires. Si votre maison est construite en

bois, c'est donc à la fois les habitants et la maison qui se trouvent en danger, et si la structure de votre maison est en acier, c'est seulement ses occupants qui sont dans une situation risquée ! Des experts en traitement des bâtiments appliqueront sur les murs des produits à base d'oxydes métalliques pour les éradiquer, mais ces produits émettent des vapeurs chimiques pendant des années. Ces particules sont de véritables dangers mortels. C'est la conséquence absurde de notre façon de faire « une cause-un remède ».

Si nous nous mettions à concevoir des bâtiments permettant à l'air de circuler au sous-sol et au spectre lumineux en entier (y compris les rayons UV) d'atteindre l'intérieur, nous détruirions les conditions de développement de la moisissure tout en rendant l'habitation plus saine. Anders Nyquist utilise une lampe à prisme pour produire l'ensemble du spectre lumineux dans les sous-sols et les fondations. Couplé à une bonne ventilation, cela disperse les spores responsables de problèmes respiratoires ! C'est une bonne base de départ, qui va au-delà de la seule résolution du problème.

Il y a aussi une connexion avec le pH. La plupart des matériaux utilisés pour faire des murs ou des sols s'attachent à renforcer l'effet isolant ou barrière ; ce qui est une bénédiction pour la prolifération des champignons. Ceux qui se développent dans des conditions d'obscurité adorent une atmosphère acide. Un des moyens de limiter le développement des champignons est donc de rendre les caves et les sous-sols plus alcalins. Si les champignons ne trouvent pas les conditions idéales, ils resteront à l'état végétatif. Pour augmenter le pH, il suffit que les murs et les sols soient à base de carbonate de calcium (par exemple à partir de coquillages écrasés). Quand on utilise des plaques de plâtre, les

produits isolants peuvent être à base de varech. Les coquillages et le varech sont des produits abondants et bon marché extrêmement alcalins. Utilisés comme matières premières dans la construction, ils peuvent aisément se comparer aux produits actuels en matière de performance.

Une meilleure compréhension des conditions de circulation de l'air, de la lumière et de l'alcalinité peut influencer négativement les conditions de développement des moisissures, tout en diminuant notre exposition aux toxines. C'est ainsi qu'en croisant différents procédés nous réglerons le problème de l'isolation mais aussi des champignons, de la santé et des formes de l'habitat.

Åke Mård est le fondateur de l'entreprise de construction MRD Construction, en Suède. Il s'intéresse plus particulièrement aux sous-sols et aux vides sanitaires. La société américaine Pittsburgh Corning l'approvisionne en plaques d'isolation thermique en verre cellulaire. Il s'agit de structures portantes multifonctionnelles, composées d'air (riche en $CO_2$) et de verre recyclé. Le verre recyclé enrichi en gaz carbonique est léger, résistant aux acides et aux moisissures, et isolant. Les vermines ne peuvent s'y installer. C'est exactement ce que nous imaginons pour l'économie du futur : utiliser ce qui est disponible et obtenir de multiples avantages. Ce verre cellulaire (ou « mousse de verre »[1]) remplace quatre produits et aide à la résolution du défi du recyclage des bouteilles. Voilà un autre exemple de la cascade d'une matière première vers une autre branche du système. L'invention de Mård marchait tellement bien

1. L'isolant thermique produit par Pittsburg Corning s'appelle Foamglas ©, de *foam glass*, qui signifie « mousse de verre ».

que Pittsburgh Corning a décidé de l'acheter pour la diffuser dans le monde entier.

Cette innovation se rapproche des objectifs d'une autre société, Earthstone, basée au Nouveau-Mexique (États-Unis). Issue de techniques de construction suédoises, Earthstone a été fondée en 1993 par Andrew Ungerleider et Gay Dillingham pour répondre aux problèmes posés par l'exploitation minière de sable à ciel ouvert. Leur procédé breveté utilise des bouteilles recyclées pour en faire des produits abrasifs (en remplacement des papiers de verre par exemple), des décapants ou des primaires horticoles hydrologiques (en remplacement des fibres de verre utilisés dans l'agriculture hors-sol). Ces nouveaux produits de construction à partir de verre ont été copiés plusieurs fois, dans de nombreux pays, et sont en croissance. Il n'est pas difficile d'imaginer les retombées financières lorsque l'usine est située à côté d'une décharge pour avoir du verre (qui coûte un prix modique sur le marché des matériaux recyclés) et de l'énergie (qui provient du gaz méthane libéré par la biomasse en décomposition dans la décharge). Ce projet est un exemple clair d'une solution industrielle qui réduit l'impact négatif de notre excessive production de déchets, propose des produits compétitifs en faisant appel à des ressources existantes.

Il reste des choses à dire à propos du verre. Souvent incités par des réductions d'impôts, les propriétaires investissent de fortes sommes en double ou triple vitrage pour faire des économies d'énergie. Quoique très cher, le survitrage est considéré comme un moyen sûr d'économiser de l'argent et de l'énergie. C'est pourtant un cas typique de la stratégie qui veut qu'il faut investir encore plus pour rembourser son investissement initial. Ces doubles ou triples vitrages sont souvent

accompagnés de films anti-UV afin de protéger les couleurs des tableaux ou des tapis ; or, nous l'avons vu, supprimer les rayons ultra-violets, c'est favoriser les mites. Pour éviter tout problème, nous mettons en place un système non-naturel qui en favorise un autre.

## Les flux de liquides

Comment utilisons-nous et traitons-nous l'eau et les liquides dans les bâtiments ? Sans exception, la principale utilisation de l'eau dans nos maisons, nos écoles ou nos immeubles vise à nettoyer et éliminer les déchets. D'un côté, nous bloquons trop la circulation de l'air, mais de l'autre, nous sur-multiplions l'écoulement de l'eau avec une abondance de tuyaux (pour l'eau chaude, l'eau froide, pour les eaux propres, les eaux usées). Bizarrement, la première chose que nous faisons de nos déchets organiques est de les mélanger à de l'eau potable. La façon dont notre corps métabolise les nutriments implique un système compliqué où l'estomac, les reins, le foie, la vessie et les intestins jouent chacun un rôle bien spécifique. Schématiquement, nous avons une valve d'entrée pour réguler l'arrivée des liquides et des solides vers notre estomac et une autre pour l'air vers nos poumons, et deux tuyaux de sortie (un pour les liquides, un pour les solides et les gaz).

Boire de l'eau est une des conditions nécessaires à la vie, mais ce n'est pas facile partout. L'eau est sans doute le produit le plus précieux sur Terre et pourtant, quand nous la gaspillons, nous n'en mesurons pas les conséquences. Dans certains endroits, l'eau est chère, parfois plus chère que le pétrole (même avec un baril au-dessus de 100 dollars). Alors, quand on a le luxe

d'avoir de l'eau potable à volonté, pourquoi la rendre impropre à la consommation en la mélangeant à nos excréments ? Et comme si cela ne suffisait pas, nous y ajoutons des produits chimiques et du papier rempli de chlore.

On a du mal à croire que l'urine soit un liquide remarquable ; elle est pourtant riche en potassium (un produit fondamental pour la régulation du flux sanguin dans le cœur). Notre corps ne peut pas accumuler le potassium car, en excès, c'est une toxine. Il est donc rapidement éliminé. L'urine ne devrait pas être gaspillée mais au contraire affectée à la production d'autre chose. Au temps de l'Empire romain, l'empereur avait l'unique privilège de collecter l'urine des citoyens à des fins de nettoyage !

Le cas des fèces est différent. À part les oiseaux, peu d'espèces jettent délibérément leurs excréments dans l'eau (et encore, les flamands roses le font pour favoriser la croissance des algues dont les crevettes se nourrissent et que les flamands dévorent). Il y a de bonnes raisons qui expliquent pourquoi notre corps sépare les matières fécales de l'urine (par exemple, lorsqu'ils sont combinés, leur odeur est gênante), et pourtant nous nous évertuons à les mélanger. Nous ajoutons de l'eau potable et comptons sur des systèmes riches en bactéries et en divers traitements pour les éliminer. Si les fèces et l'urine étaient collectées séparément, poursuivant le travail de notre système digestif, il n'y aurait plus d'odeur, pour peu qu'un flux d'air suffisant soit maintenu !

C'est la fonction des toilettes sèches mises au point par le docteur Matts Wolgast, chercheur à l'université d'Uppsala, en Suède. Un simple vortex peut rapidement séparer les solides du liquide. Les techniques

de purification de l'eau des palourdes sont aussi une source d'inspiration, de même que les méthodes utilisées par certaines crevettes. Ces solutions sans-tuyaux restent pourtant inusitées dans nos constructions. Éliminer le besoin d'eau pour véhiculer nos déjections vers des centres de traitement où l'E. coli (escherichia coli, aussi appelée colibacille) et le vibrion cholérique prospèrent, c'est aussi diminuer les risques d'infections bactériennes et réduire l'usage de produits chimiques agressifs. Les bactéricides ne font pas que réduire les risques sanitaires, ils rendent aussi l'eau complètement impropre à la consommation.

Dans l'école Laggarberg, en Suède, l'ensemble des toilettes suit cette logique naturelle. Les chasses d'eau étant une obligation légale, elles ont été obligées de conserver, mais les liquides et les solides sont immédiatement séparés par un vortex et la chaleur provenant des déchets assèche les matières solides ce qui a pour effet d'annihiler toutes les sources pathogènes, parasitaires et mêmes les résidus éventuels de médicaments des enfants. Pour les élèves de Laggarberg, cette expérience de gestion des déjections est une leçon quotidienne de d'administration efficace et écologique des déchets et de l'eau potable.

En dehors des habitations, dans les pays industrialisés, l'eau est tributaire d'un formidable réseau de canalisations. Il faut imaginer les milliers de kilomètres de tuyaux qui acheminent l'eau du fleuve Colorado jusqu'au cœur de Los Angeles, ou les investissements monstrueux en réservoirs de la ville de New York pour garantir son approvisionnement. En revanche, l'eau de pluie collectée par des égouts sous les rues et les routes est rejetée ailleurs ! Alors que l'eau devient de plus en chère et la pénurie se laisse sentir comme à Cape Town

nous devons collecter l'eau pour un usage domestique ! Comment pouvons-nous accepter de nous débarrasser de l'eau de pluie dans nos égouts. Un simple système de collection et de stockage à Cape Town assure la totalité de l'eau pour une famille, avec piscine ! Il est temps de se souvenir que l'eau est notre bien le plus précieux, mais il y un abondance que nous n'apprécions pas. Avant notre naissance, nous sommes composés à plus de 98 % d'eau. Notre corps contient plus de 80 % d'eau. C'est le carburant même de la vie. Nous traitons l'eau ainsi car nous ne voyons plus les flux. Reconsidérons l'ensemble du problème en répondant à cette question piège : où se trouve la plus grande quantité d'eau potable sur Terre ?

Réponse : dans l'air. La première et la plus évidente solution pour satisfaire nos besoins en eau est de récupérer les eaux de pluie, et de capter l'humidité. Sur chaque construction, dans chaque rue, il y a des zones de collecte qui pourraient diriger l'eau vers son utilisation finale, sans pompe ni traitement chimique, par la simple gravité ! Que ce soit un gratte-ciel à New York, la maison de familla à Cape Town, ou une ferme en Colombie, les pluies pourraient couvrir bien des besoins. Et s'il nous en manque pour l'agriculture, changeons la technique pour nous permettre de produire de l'eau tout en cultivant des agrumes.

Capter l'humidité de l'air n'est pas considéré comme une option de première importance. Or, il y a de fameuses idées à piocher en observant les écosystèmes les plus secs de la Terre. On a déjà vu que les scarabées des déserts namibiens survivent en attrapant l'eau de l'air ambiant grâce à un jeu entre des surfaces hydrophobes et hydrophiles. La grenouille main d'Australie (*cyclorana maini*) peut absorber jusqu'à 30 % de son

poids en eau pour l'encapsuler dans une sorte de cocon. Le moloch hérissé (*moloch horridus*), un lézard australien, accumule l'humidité par osmose en un réservoir interne. La welwitschia mirabilis, que l'on a déjà croisée, condense l'eau de l'air tout les matins. Les épines des cactus « sucent » l'eau dans l'air, tout comme les pins ou le bambou des Andes (*guadua angustifolia*). Le laurier garoé, ou arbre saint (*ocotea foetens*), que l'on trouve sur les pentes des montagnes de l'île d'El Hierro dans l'archipel des Canaries, produit de tels ruissellements à partir des nuages accrochés à ces montagnes qu'il fait penser à une fontaine. Antonio a dessiné des structure légères qui créent des tourbillons à l'intérieur. Cette centrifuge augmente la pressions, et l'eau coule de l'air dans des récipients.

Nous avons tous constaté que de l'eau s'écoule en permanence d'une unité d'air conditionné. De façon similaire, la tour aéro-réfrigérante en haut d'un immeuble condense de la vapeur d'eau sur ses parois. Pour évaluer la quantité d'eau qui « flotte » dans l'air, il suffit de savoir que, si l'air émis chaque jour par un immeuble était traité par une combinaison de surfaces hydrophobes et hydrophiles, il pourrait fournir 100 mètres cubes d'eau chaque minute ! Cette eau pourrait naturellement s'écouler du sommet vers les étages inférieurs. Quelle économie d'énergie ! De plus, ne plus avoir à pomper vers le haut de l'eau réduit la consommation d'énergie (et évite d'avoir à investir dans des pompes). C'est une opportunité incroyable en temps de crise : investir moins et obtenir plus en retour.

Léonard de Vinci a étudié l'eau en détail. Il était fasciné par le cours des rivières, les tourbillons, les vortex et autres turbulences. Il a identifié deux forces principales régissant les courants : la gravitation et la

viscosité (c'est-à-dire la résistance à l'écoulement). Au centre des travaux de Vinci sur l'eau, il y avait les tourbillons. Mais ce n'est qu'au XX^e siècle que les vortex ont été vraiment revisités par un chercheur autrichien spécialiste des forêts : Viktor Schauberger. Comme nous l'avons déjà vu, un vortex a la capacité de nettoyer l'eau. Adapter cette propriété aux constructions est assez aisé. Il suffit de capturer l'eau des tours aéroréfrigérantes, des chasses d'eau, du nettoyage des vitres ou du lavage des sols, de l'injecter dans un vortex, de l'oxygéner, de la nettoyer et de la redistribuer comme eau propre à l'étage inférieur. Avec un tel système de vortex séparant les solides et les liquides, l'eau des toilettes ou des machines à laver pourrait être utilisée 5 fois entre le dixième étage et le rez-de-chaussée. Comme l'eau des toilettes est un des plus gros consommateurs d'eau dans un immeuble de bureau, une solution à base de vortex pourrait économiser à la fois de l'eau et de l'énergie.

Un bâtiment dont la surface serait recouverte de matériaux inspirés des propriétés autonettoyantes de la fleur de lotus ou de la capacité qu'ont les abalones de toujours conserver l'intérieur de leurs coquilles propre et lisse n'aurait plus besoin d'être nettoyé à l'eau ou avec des détergents, ce qui serait une nouvelle économie en eau. Et les nacelles des nettoyeurs de carreaux seraient éliminées du coût total de construction et d'exploitation. Les plantes et les insectes nous montrent la voie, de nombreuses espèces ont déjà été copiées. La qualité hydrofuge des pattes des araignées d'eau (*gerridae*) est si efficace qu'aucune humidité n'adhère jamais (c'est qui leur permet de marcher sur l'eau).

Ces solutions ingénieuses ont été perfectionnées au fil de millions d'années de survie dans le désert.

L'application pragmatique des lois physiques fonctionne tout le temps, sans exception. En comparaison, nos solutions actuelles restent infiniment plus complexes, onéreuses et archaïques avec des barrages pour contenir l'eau dans les montagnes ou des usines de désalinisation nécessitant des apports d'énergie considérables.

Cette interaction entre l'air et l'eau est facile à comprendre, elle repose sur des lois physiques et chimiques connues, et pourtant elle n'est presque jamais exploitée. Prenons une surface qui serait un damier de zones hydrophobes (qui « détestent » l'eau) et de zones hydrophiles (qui « adorent » l'eau), et qui serait adossée à une tour aéro-réfrigérante. Les petites bulles d'eau émises par la condensation seraient rejetées par les zones hydrophobes avant de s'évaporer et seraient absorbées par les zones hydrophiles pour être dirigées vers un réservoir sur le toit du bâtiment. Cette récupération ne serait peut-être pas suffisante pour satisfaire tous les besoins d'un immeuble mais elle le serait pour réduire la facture d'eau de façon significative. Cet exemple donne une idée des considérables quantités d'eau disponibles mais ignorées qui nous entourent. Si les systèmes d'air conditionné expulsaient leur air saturé dans un tourbillon, de l'eau serait extraite sans même avoir besoin d'un damier de surfaces différentes.

La combinaison de l'eau, de l'air et de l'énergie sur le toit d'un bâtiment offre les conditions idéales pour produire de la spiruline. En effet, ces micro-algues hautement nutritives nécessitent des conditions de température et d'humidité qui sont parfaitement réunies lorsque le système de chauffage, de ventilation et de climatisation d'un bâtiment est relié à des réservoirs d'eau. Cette technique a été mise en œuvre avec succès par la start-up EnerGaia de Saumil Shah sur le toit de l'hôtel

Novotel à Bangkok. Ce toit, qui récupère en permanence la chaleur et l'humidité, fournit la spiruline des *smoothies* pour le petit déjeuner des clients de l'hôtel soucieux de leur santé. Les restes de la récolte matinale de micro-algues sont transformés en plats végétaliens. Le système est si productif que tout ce qui reste est transformé en nutriment pour les écoliers du cartier. Une fois perfectionnée la conception de ces innovations, nous pourrions les combiner avec les dernières connaissances sur la capacité de nettoyage d'un vortex dans les conduites d'eau. En redéfinissant les modèles de production et de consommation, et en prenant le temps et les efforts nécessaires pour repenser l'ensemble du système, nous avons une chance d'obtenir une solution qui pourrait nous sauver de la pénurie mondiale massive d'eau et de nourriture saine. Ces innovations, une fois appliquées, peuvent immédiatement réduire les coûts et soulager la tension sur l'approvisionnement en eau qui caractérise chaque mégalopole dans le monde. Les villes sont maintenant capables de commencer à répondre aux propres besoins.

La côte californienne souffre d'un déficit en eau depuis des décennies. Il y a pourtant de l'eau à récupérer dans un air rendu encore plus humide par la confrontation entre l'air froid venant de la mer et l'air chaud venant de la terre. Cette eau peut potentiellement enrichir la valeur de la terre, un peu à l'instar du projet de Las Gaviotas, où une zone désolée et réputée sans valeur a été complètement revalorisée et est redevenue une forêt tropicale (évaluée à 3 000 fois le prix initial). Une augmentation de la valeur foncière d'une région grâce à la présence d'une commodité aussi essentielle que l'eau est un excellent moyen de lutter contre la spéculation à la baisse. Une terre qui regorge d'eau

potable aura toujours une vraie valeur et un pouvoir d'attraction pour les populations.

### Îlots de chaleur urbains

Dans la moiteur des étés de New York, Boston, Galveston ou Chattanooga, les appareils à air conditionné fonctionnent à plein régime. Ils fabriquent du froid à l'intérieur et rejettent l'air chaud à l'extérieur, nappant les bâtiments de nuages gorgés d'eau. L'atmosphère est donc encore plus humide et chaude ! Il faut encore plus climatiser pour rafraîchir. Pour peu qu'une petite brise se lève, on assiste à la formation d'îlots de chaleur urbains (ICU). L'été, quand un îlot de chaleur est à son maximum, toutes les conditions sont réunies pour que la légionellose se développe. Une augmentation de la température entraîne un accroissement de l'épaisseur des biofilms bactériens et donc des risques sanitaires. Les portes revolvers qui préviennent les dispersions de températures empêchent en même temps une certaine décompression de l'atmosphère. Plus les personnes s'entassent dans un bâtiment, plus la chaleur augmente. Un adulte produit environ 60 watts chaque heure, une salle où se retrouvent un millier de personnes peut donc produire près de 60 kilowatts et avoir besoin d'une climatisation adaptée pour se refroidir.

La conception par Anders Nyquist du gymnase de l'école de Laggarberg repose sur une approche ingénieuse. Quand, au cours d'un match, la chaleur augmente avec l'excitation des supporters, c'est l'air extérieur qui se met à circuler à l'intérieur. Plus il y a de spectateurs, plus l'air chaude sorte par des cheminées, la sous-pression est équilibré par la pulsé à

l'intérieur d'air de l'extérieur qui arrive pour maintenir l'atmosphère intérieure fraîche et agréable.

La construction crée de nombreux problèmes non anticipés. Les réponses à ces contraintes nouvelles ne doivent pas créer un nouveau problème en essayant d'un résoudre un, mais au contraire s'attacher à résoudre plusieurs difficultés, tout en économisant l'énergie et en protégeant notre santé. Des constructions plus saines et plus économes, moins chères à construire et à entretenir sont possibles si on privilégie les solutions venant de la Nature.

### Les flux sonores

Avant notre naissance nous ne sommes pratiquement que de l'eau, et les sons qui se répercutent dans le liquide amniotique nous impactent. Des médecins n'hésitent plus à conseiller aux femmes enceintes d'écouter de la musique classique, des chants grégoriens ou des mantras tibétains afin de stimuler l'activité mentale des fœtus. Les travaux d'Alexander Lauterwasser dans le nouveau champ scientifique qu'est la cymatique (l'utilisation des vibrations sonores transmises dans un résonateur liquide) ont démontré qu'un flux sonore diffusé dans un volume d'eau détermine une forme de manière constante (donc prévisible). Le son est une onde, et une onde crée de la pression, la fréquence de l'onde déterminant la pression appliquée. Lauterwasser a placé une goutte d'eau sur une plaque métallique et l'a exposée à une source sonore. Il a constaté que, lorsque l'onde sonore faisait vibrer l'eau, celle-ci se déplaçait. Différentes ondes avec différentes pressions déclenchaient différents types de mouvements. Une fréquence donnée

produisait toujours un certain déplacement et une certaine altération de la surface de tension de la goutte d'eau. Un changement de fréquence, même minime, modifiait les mouvements observés.

Jorge Reynolds utilise les décalages géométriques de l'eau en surface pour qualifier les battements du cœur, détectant rapidement les irrégularités dans les évolutions des ondulations. C'est précis, visuel, et cela offre une reconnaissance de formes rapide et simple. L'électrocardiogramme, avec des fils électriques, des écrans de télévision et des impressions sur papier spécial est maintenant remplacé par un visuel sur un téléphone portable. L'électrocardiogramme devient un phonocardiogramme.

Nous avons tous expérimenté combien les sons agréables sont apaisants et les sons désagréables irritants, voire insupportables. On peut imaginer ce que c'est que de vivre au bord d'un petit ruisseau ou en entendant le bruit des vagues, et ce que c'est que de vivre à proximité d'une autoroute ou d'une ligne de chemin de fer. Puisque même les objets inanimés comme les bâtiments produisent des bruits, explorer des idées innovantes pour dévier les sons désagréables devrait avoir un impact sur notre bien-être. Les chercheurs ont étudié comment la forme des grands dauphins de l'océan Indien (*tursiops aduncus*) et des baleines leur permet de transformer la pression de l'eau en puissance. Peut-être pourrions-nous, de façon similaire, capturer le potentiel énergétique du son et le diriger vers des transformateurs piézoélectriques instantanés. Au lieu de bloquer les bruits du trafic au bas des immeubles, il y a moyen de les transformer en énergie. La lutte contre le bruit deviendrait alors une économie d'énergie !

**Les flux d'énergie**

Le coût de l'énergie fournie à un immeuble dépend de deux facteurs : l'offre et la demande. Tous les exemples de ce chapitre et même du livre démontrent que l'on peut utiliser des solutions qui demandent moins mais fournissent plus. Dans les faits, ne faire appel qu'à ces innovations pourrait réduire la demande en électricité de 75 à 80 %, que ce soit pour un gymnase ou une chambre d'enfant. Il nous faudrait sans doute aussi faire appel à l'incroyable lumière passive des calmars et des champignons, à la technique autonettoyante des fleurs de lotus ou aux propriétés de conservation de la chaleur des thons. Les technologies inspirées du lézard des sables nous aident à réduire les frictions et donc la demande en énergie nécessaire pour surmonter ces frictions. Toutes ces méthodes existent et sont meilleures pour notre santé que ce qui se fait actuellement. Mais il ne s'agit que de moyens de réduire la demande... on peut faire mieux.

Si on considère l'offre, on a déjà vu le potentiel incroyable que possède un bâtiment pour produire sa propre électricité. Certes, la pression des longueurs d'ondes du son ne sera pas suffisante pour alimenter en électricité les ascenseurs, les ordinateurs, les systèmes de surveillance et l'air conditionné d'un immeuble. Il nous faudra faire appel à d'autres contributeurs, même les plus modestes. Et nous avons besoin d'une intelligence artificielle afin que toutes les sources possible soient coordonnées. La plus grande source d'énergie doit être la plus facilement disponible. Notre réflexe est de nous tourner vers l'énergie solaire, notamment vers les nouvelles générations de cellules photovoltaïques.

Malheureusement pour nous, le soleil ne brille pas la nuit ! Les batteries que nous utilisons pour stocker l'électricité nécessitent des minerais et des métaux et sont produites avec des procédés de fabrication excessivement énergivores. Notre source d'énergie principale doit donc être celle qui est la plus disponible, la source qui soumet tout bâtiment à des contraintes de compression et de tension : la gravité.

Pourquoi ne pas l'utiliser dans la conception du bâtiment ?

En concevant un immeuble, il faudrait inclure des cristaux de quartz, de soie ou même de sucre de canne à chaque étage. On a estimé que, pour un immeuble de dix étages, des nano-cristaux avaient assez de puissance pour alimenter par la gravité seule des générateurs piézoélectriques et produire 6 megawatts. Ce n'est pas négligeable. Surtout si la source d'énergie du quartz est positionnée précisément à la base de chaque colonne de soutènement et que l'on peut optimiser le câblage – donc les quantités de cuivre à extraire. Cela ne prendrait qu'une génération pour que ces techniques soient approuvées et mises en place ! Si la science peut le démontrer, l'industrie de la construction, conservatrice et prudente, peut adopter ces solutions meilleures car les bâtiments nécessiteront moins d'investissements en cables et réduiront leurs coûts d'exploitation. Si des bambous étaient incorporés dans le béton armé, le bâtiment ne serait pas seulement plus « vert » mais il capturerait aussi plus de $CO_2$, puisque les bambous compenseraient les émissions du ciment.

Une autre piste est l'utilisation des mini-dépressions à l'image de ce que font les zèbres. Tout grand bâtiment a un impact sur le climat car il crée des turbulences. En outre, le choix des couleurs peut accentuer

ces turbulences, pas seulement en réfléchissant le soleil mais aussi en créant des courants d'air de surface (grâce notamment à l'alternance de couleurs foncées ou claires). Il n'est pas très judicieux de positionner des éoliennes dans les centres villes ; cela ajouterait du bruit et il n'y aurait probablement pas assez de vent. En revanche, on peut imaginer des installations de mini ou micro-éoliennes, améliorées par un traitement de surface inspiré des ailerons de baleine afin de réduire les frottements. C'est ce que propose la société du canadien Frank Fish, Whalepower. Mieux encore, on lancera des kites en villes pas très différents de ceux usés par des surfers avec contrôle robotique quiet un seul suffira pour approvisionner cent familles jour et nuit.

Chacun de nous émet environ 60 watts d'équivalent électricité chaque heure, nous sommes donc une source d'énergie. Plus il y aura de personnes dans une pièce, moins il y aura besoin de courant ! Un immeuble de bureau abritant mille personnes pendant huit à dix heures pourrait générer 60 kilowattheures pendant le temps de présence des travailleurs ! Assez d'énergie pour alimenter tous les ordinateurs de l'immeuble. Cela fonctionne aujourd'hui en laboratoire. Ces technologies éliminent de surcroît les coûts de distribution de l'électricité et, bien en amont, ceux de sa production. La distribution d'électricité ne doit plus passer par les cables de cuivre. Les fibres optiques permettent de canaliser l'électricité par le meme réseau qui nous transmets tout nos données. « Power over Optical Fiber » ne simplifie pas seulement l'infrastructure, cela nous offre à chaque point de contact internet, une connection pour charger nos portables. Les transformations scientifiques existent, les innovations démarrent, il faut maintenant que les architectes et les ingénieurs se lancent pour

entreprendre et imaginer des conceptions intégrant ces différentes sources d'énergie.

### Les flux de personnes et de biens

Les flux de personnes et de biens ont été le sujet de nombreuses études, que ce soit par les urbanistes, les ingénieurs ou les designers. Nous ne rêvons que de circulation aisée et de files d'attente efficaces dans les aéroports, l'entrée et la sortie des avions, les transports en commun et au supermarché. Moi je rêve d'une production locale qui n'a plus besoin de transport. La proximité de la cultivation, récolte et consommation de la nourriture est la meilleure manière de répondre aux nécessité de mitiger notre impact sur cette terre. Les architectes doivent l'incorporer dans leurs dessins ! Rapprocher ces préoccupations de notre analyse des flux de construction ouvre la porte à la création de nombreuses choses ! Une salle de bain est un milieu humide et chaud, idéal pour la culture de champignon. L'amidon que l'on trouve dans les déchets alimentaires pourrait être reconverti en bioplastique. Les toits pourraient héberger des jardins potagers et des vergers tout en réduisant la température en surface et la demande énergétique. Cela serait un bâtiment digne du génie de Friedensreich Hundertwasser.

Le Centre pour une conscience écologique de Berkeley, en Californie (Center for Ecoliteracy) et l'organisation non gouvernementale Slow Food de Turin font la promotion active de la création de jardins dans les écoles. Nous avons la possibilité de créer des villes presque auto-suffisantes. Brasilia, la capitale administrative du Brésil, une ville de deux millions

d'habitants, produit près de 90 % de ses besoins en fruits et légumes dans son enceinte grâce à la conception visionnaire de Lucio Costa, associée au génie d'Oscar Niemeyer. Si les accès et les zones d'attentes des villes et des immeubles étaient conçus en ayant à l'esprit le confort et l'environnement, l'eau et la nourriture seraient disponibles plus facilement. Les déchets créés doivent être valorisés localement pour participer à la chaîne alimentaire. C'est une élégante cascade qui fonctionne, recycle, profite et utilise tous les matériaux et réduit les transports des bien et des citoyens. C'est un modèle de système complet déjà perfectionné par la Nature et disponible pour répondre aux besoins de tous.

## L'apprentissage de l'économie responsable à l'école

L'école est le lieu idéal pour apprendre comment travailler et utiliser les flux. Du cours préparatoire au diplôme universitaire, un enfant va passer près de vingt mille heures en classe. Quand on considère l'énorme effort en temps et en patience que nous demandons aux enfants, comment est-il possible que ce soient les économies d'argent qui déterminent la conception des écoles et des salles de classe ? Ne devrions-nous pas plutôt privilégier les notions de santé et de bien-être pour faciliter l'apprentissage ? Il y a tellement d'options disponibles pour concevoir des écoles et des collèges peu coûteux à entretenir mais favorisant la santé et la croissance. C'est un des grands changements à opérer. Fini d'enfermer les jeunes afin de bourrer leur têtes avec des concepts du passé qui ont déjà fait la preuve

de leur incapacité de transformer la communauté en société durable.

Par example, les conditions sanitaires et hygiéniques ne devraient jamais souffrir de contraintes budgétaires. Au contraire, les écoles sont un lieu idéal pour mettre en pratique les principes de santé et de durabilité environnementale, et ce sont aussi des vitrines pour les adultes et des opportunités pour acquérir de nouvelles habitudes. Imaginons un bâtiment scolaire où les centaines de concepts physiques, biologiques ou chimiques seraient mis en pratique de manière visible dans la conception et le fonctionnement. L'immeuble même devient un outil d'apprentisage. Imaginons les conclusions que les élèves tireraient de l'observation de toutes ces innovations qu'ils ont vécues lors de leurs formations. L'école deviendrait un immense laboratoire scientifique *in vivo*. Apprendre en pratiquant ne nécessite presque pas d'efforts. Une telle vision conduirait « naturellement » nos sociétés vers des pratiques plus vertueuses. Les différences entre les nouvelles et les anciennes technologies inspireraient les jeunes générations pour entreprendre différemment, mieux que leurs parents ne l'auraient jamais imaginés.

Dans ces écoles :

– l'application pragmatique des principes de circulation d'air et des conditions météorologiques maintient la bonne température et le bon taux d'humidité indépendamment des saisons,

– contrôlés par Li-Fi (une technologie de communication sans fil basée sur l'utilisation de la lumière visible, sans les ondes du Wi-Fi), des éclairages LED illuminent nuit et jour des centaines de variétés de plantes aspergées automatiquement toutes les quinze minutes par les eaux de pluie collectées sur le toit,

– les poussières et les particules sont en permanence capturées par cette fine brume afin de réduire les risques de maladies respiratoires,

– les lampes sont 100 % exemptes de mercure, et les fréquences de lumières sont idéales pour stimuler les enfants et les mener à apprendre, à refléchir et à prendre un moment de repos,

– la chélation participe au nettoyage des déchets,

– les cloisons contiennent des coquillages écrasés et du varech séché pour augmenter le pH des pièces,

– l'air circule facilement à travers ces matériaux pour contrôler l'humidité. Les fenêtres permettent aux UV d'attaquer les mites dans les moquettes 100 % non chimiques,

– les carrés de moquettes, connectés entre eux et reliés à des cellules à pigment photosensible, fournissent la chaleur sans câbles.

Il ne s'agit pas de mettre en place une de ces technologies existantes, mais de réaliser une conception globale agroupée respectueuse des conditions locales. C'est la différence entre s'inspirer du génie d'une espèce spécifique et considérer la richesse d'adaptation et d'intégration d'un écosystème. Il ne s'agit pas d'un ensemble de règles. Dans la Nature, le tout est plus fort que la somme des parties.

## L'habitat pour tous

Il serait impossible de clore ce chapitre sans évoquer les travaux pionniers de Linda Garland à Bali, en Indonésie, et de Simon Velez à Bogota, en Colombie. Ces innovateurs ont accompli un travail remarquable pour concevoir et construire avec des bambous des maisons

abordables, recyclables et confortables. Ces pionniers assistent maintenant à l'arrivée d'une nouvelle génération de designers de bambous comme Elora Harding, qui a imaginé la Green School à Bali (Indonésie), et Andrés Bäppler et Greta Tresserra, qui ont créé l'école des bambous (Colegio de las Aguas de Montebello) à Cali, en Colombie.

Au vu de sa composition, la résistance du bambou défie la logique. Son pouvoir réside dans l'utilisation optimale de la résistance à la traction et à la compression. Même si le bambou est une herbe, pas un arbre, sa fibre surpasse en propriétés toutes les autres sources de cellulose pour la fabrication du papier. Le chanvre et le lin sont aussi excellents, mais ils n'ont pas les fonctionnalités techniques du bambou. Le bambou peut remplacer dans nos constructions à la fois le ciment et l'acier. Fort de plus de deux mille variétés rien qu'en Amérique, ses qualités en font un matériau de choix, abondant et renouvelable, peu cher pour répondre à nos besoins croissants de matériaux de construction. À la fin du XX[e] siècle le bambou était encore le matériau de construction préféré de plus d'un milliard de personnes dans le monde, principalement sous les tropiques. Sven Mouton, un architecte belge diplômé de l'Université Jésuite de Rio de Janeiro, a calculé sous l'œil expert du professeur Khosrow Ghavami que le bambou nécessite 60 fois moins d'énergie (et de $CO_2$) que l'acier, pour une flexibilité et élégance infiniment supérieures.

Le roi des bambous est sans doute le guadua angustifolia. Lors de leurs conquêtes en Colombie, au Pérou ou en Équateur, les conquistadors espagnols durent se frayer des passages à travers des jungles de bambous. La force et la puissance des bambous furent abondamment

décrites et commentées par les narrateurs espagnols, qui expliquaient comment les populations locales savaient utiliser les bambous pour se défendre en créant « des pieux pénétrant dans les corps presque sans effort ». Les colons apprirent aussi à leurs dépens que les techniques occidentales de construction avec du bois et des pierres ne savaient pas résister aux séismes d'Amérique latine. Ils constatèrent que « les bâtiments doivent danser au rythme de la terre », ainsi que Simon Velez décrit le comportement du bambou. C'est exactement ce que le bambou fait : il danse.

Éliminées pour faire la place à la culture du café ou à l'élevage du bétail, ces « herbes » de 20 mètres de haut devinrent rapidement le matériau de construction préféré des habitants locaux. Deux siècles plus tard, ces maisons coloniales sont toujours debout, ayant résisté à tous les cataclysmes climatiques. Ces performances reconnues en Amérique latine sont confirmées en Asie (en Mandchourie), où le plus vieux bâtiment en bambou du monde a plus de 3 000 ans. Le bambou ne résiste pas aux tremblements de terre, il dance selon le rythme de la Terre. Une structure en bambou n'a jamais besoin d'entretoises pour résister à des pressions chaotiques. Curieusement, les bambous sont creux. Ils sont suffisamment flexibles pour tenir des constructions inclinées. Jusqu'à un angle de 85°, ils sont suffisamment stables pour maintenir en place les tuiles du toit. C'est vraiment dommage que les règles d'architecture et de conception du XX[e] siècle ne considèrent que les angles droits (à 90 °) pour la construction, car c'est la destruction presque certaine en cas de tremblement de terre.

À la signature du protocole de Kyoto en 1997, Masatsugu Taniguchi, le dirigeant du plus gros fabricant japonais de ciment, Taiheiyo, cherchait des

solutions pour réduire l'empreinte carbone du ciment. Les matières premières du béton sont extraites dans des mines et fabriquées à haute température. Taiheiyo a alors eu l'idée d'utiliser des fibres de bambou. Un mélange simple ciment/bambou d'un rapport de 50/50 à 75/25, sans aucun additif chimique, permet de fabriquer un panneau de ciment ayant un impact carbone neutre. Les bambous sont cultivés dans une forêt de 2 000 hectares proche d'une cimenterie de la banlieue de Jakarta.

Des architectes aussi créatifs que Renzo Piano et Shigeru Ban ont été inspirés par le bambou pour certains de leurs projets. Simon Velez, le grand maître de l'architecture en bambou, a démontré avec l'aide technique de Carolina Salazar Ocampo et du professeur Klaus Steffens de l'université de Brème, que le bambou est capable de répondre aux cahiers des charges et règles de construction les plus exigeants (ceux des Allemands, pour ne pas les nommer). Il a conçu le pavillon de la fondation ZERI à Manizales, en Colombie, qui est sans doute la plus grande structure en bambou actuellement bâtie. Ce fut aussi le pavillon le plus visité lors de l'Exposition universelle de Hanovre en 2000. Deux tremblements de terre plus tard, seules quelques tuiles du toit ont à peine été déplacées.

La réalisation de logements abordables et magnifiques pour tous dans les régions tropicales est un objectif qui peut être atteint avec l'utilisation du bambou. Un terrain de moins de 100 mètres carrés dans les hauts plateaux andins est suffisant pour cultiver de quoi construire une maison. Planté avec le bambou géant, quelque soixante tiges de bambou seraient récoltées après trois ans. C'est assez de matériel de construction pour construire une maison de 60 mètres carrés à deux

étages, avec un magnifique balcon et un escalier à l'arrière pour permettre à l'air de circuler. Chaque année, la récolte de bambou fournirait suffisamment de tiges pour construire une maison modeste supplémentaire.

Les plans de Simon Velez incluent un escalier extérieur afin de faciliter la circulation de l'air, une charpente solide afin de stabiliser l'ensemble et un large balcon pour améliorer le confort. Il n'y a aucun angle à 90 °, afin de limiter les risques d'effondrement en cas de secousses sismiques. C'est un concept excessivement sûr : au lieu de résister aux tremblements de terre, la structure et les joints s'attachent à accompagner les mouvements de la terre. La maison reste fraîche car l'air et la lumière circulent librement, un large auvent procure de l'ombre aux occupants et protège les bambous de la pluie et du soleil. Les eaux de pluie, à peine en contact avec les bambous, sont collectées dans des citernes. Même un ouragan ne peut abattre la maison. Carolina Salazar Ocampo, professeure agrégée à la Faculté d'architecture de Manizales, de l'Université nationale de Colombie, a été une pionnère dans la réalisation des bâtiments bioclimatiques où les habitants des régions tropicales se plaignent parfois que la chambre est trop fraîche la nuit, même quand il y a une chaleur étouffante à l'extérieur.

Les restes de bambous non utilisés pour la construction peuvent servir à faire du carbon végétal. Antonio Giraldo d'Armenia, en Colombie, a mis au point une technique de production de carbon vegetal à base de bambou. Rappelant les solutions japonaises ancestrales, elle consiste à diriger le flux de gaz dans une grande chambre de combustion où, sous une légère pression, les tiges de bambous sont fumées. C'est donc la propre chimie des bambous qui les traite contre les parasites et

la moisissure. Une méthode similaire a été privilégiée à Picuris Pueblo pour les bois de petits diamètres.

Lucio Ventania, un artisan spécialiste du bambou de grande renommée, qui dirige le Bamboo Institute de Belo Horizonte au Brésil, explique : « Dès lors qu'un bambou structurel est protégé du soleil et ne baigne pas dans son eau, il résistera. Pour toujours. » C'est pourquoi le bon design consiste à prévoir un auvent pour protéger les piliers structurels de l'eau et du soleil, les deux ennemis du bambou. L'expérience acquise à Manizales et Hanovre a donné lieu à de nombreuses initiatives de logement social. Alors que Simon Velez a conçu les premiers plans d'un logement à deux étages pour moins de 12 000 euros (avec un balcon pour bien montrer que ce n'est pas une case ou une structure temporaire), l'ONG Hogar de Cristo à Guayaquil, en Équateur, a poussé la logique à l'extrême et propose des logements préfabriqués en bambou fraîchement récolté pour seulement 900 euros.

C'est un modèle économique surprenant : une famille pauvre arrive avec un apport de 50 euros et sollicite un emprunt de 900 euros, qui est approuvé rapidement pourvu qu'elle ait accès à un terrain en bonne et due forme. Vingt-quatre heures plus tard, leur maison est debout. Les nouveaux propriétaires payent une somme mensuelle inférieure à 20 euros pendant quatre ans. Le « promoteur » Hogar de Cristo installe quarante-deux maisons préfabriquées par jour, pour un chiffre d'affaires annuel d'environ 11 millions d'euros, grâce à une forêt durable de bambous d'environ 2 000 hectares. Qui fournit les terrains ? Nous pensons que les sociétés minières devraient jouer un rôle proactif dans la sécurisation de l'espace pour l'agriculture de bambou.

Cette forêt de bambou fournit non seulement du matériel de construction, mais aussi de l'eau, ce qui est un avantage évident pour des communautés en manque d'eau potable. Les cultivateurs de haricots locaux utilisent du bambou pour fabriquer des piquets de 3 à 4 mètres. Puis ils livrent le reste pour la fabrication des logements (il faut 5 à 6 mètres). Ensuite, il en reste au moins 15 mètres, qui peuvent être broyés pour produire du papier absorbant. Kimberly Clark, créateur des mouchoirs Kleenex et propriétaire de la marque Scott, a décidé de remplacer la pâte à papier à base d'eucalyptus et de pin par du bambou fourni localement. Le modèle économique évolue en plus vers un nouveau cycle de génération de revenus et d'emplois.

Les bambous demeurent assez inconnus de ceux qui ne vivent pas sous les tropiques. Il n'y a pas une seule espèce qui pousse en Suède ou dans le Nord-Ouest des États-Unis, où sont situés les plus grands instituts de recherche sur le bois et les forêts. C'est pourquoi les études et l'intérêt des chercheurs portent sur des espèces comme le pin ou l'eucalyptus qui poussent dans les climats tempérés et n'ont aucunement le potentiel de renouvellement des bambous. Heureusement, au fur et à mesure des avancées en matière de design et de durabilité environnementale, les qualités du bambou devraient aider à sa popularité en tant que matériau de construction.

Depuis que les Brésiliens et les Colombiens ont poussé cette approche intégrée, cela a mené à une transformation du marché du travail. Depuis que le pavillon ZERI à l'Exposition universelle de Hanovre en 2000 a démontré que le bambou a la flexibilité, la résistance à la traction et à la compression capables d'obtenir un permis de construction allemand, deux cent

cinquante nouvelles entreprises et sept mille emplois ont été générés en Colombie. Si cela est déjà considéré comme un succès, il faut regarder au Vietnam, où on estime à deux cent mille le nombre d'emplois créés depuis que le bambou est devenu un élément clé de leur économie émergente, grâce à des entrepreneurs comme Hao Dang. L'impulsion de l'Asie du Sud-Est vers une économie basée sur le bambou est désormais renforcée par des initiatives en Corée du Sud, pays qui, à côté de ses prouesses dans les systèmes d'électronique et de téléphonie mobile, développe également cette nouvelle industrie massive fondée sur des matières premières traditionnelles et pouvant être récoltées de façon renouvelable.

## La somme des flux

La reconnaissance de la manière dont l'air, la lumière, l'énergie, l'eau, le son, les personnes et les matières affectent notre espace apporte un nouvel éclairage sur la manière dont les constructions composent et réagissent avec ces flux. Cela nous donne des pistes pratiques pour construire des maisons, des bureaux ou des écoles combinant fonctionnalité, esthétique et coût. Une meilleure compréhension de tous les flux de matériaux, d'eau et d'énergie à un niveau macroscopique, nous donne des idées très pratiques sur la façon d'opérer dans une communauté et sur comment cela peut être transformateur pour notre modèle de société.

Quelques entrepreneurs nous montrent que les constructions écoresponsables ne sont pas obligatoirement plus chères. Les applications pragmatiques issues du monde de la science ouvrent la voie à de nouvelles

idées et à de nouveaux designs durables et économes en ressources naturelles. Les architectes ont le rare privilège de pouvoir réaliser leurs idées, donc de pouvoir faire changer les mentalités. L'opinion publique et le bon sens vont de leur côté aider les autorités à faire évoluer les codes de constructions et les techniques standards. Adhérer à ces innovations, c'est vouloir un environnement plus sain pour nos domiciles, nos lieux de travail et notre environnement, bref, pour nos familles. Nous sommes à l'aube de la création d'industries du futur, modernes car naturelles. Nos villes peuvent aussi fonctionner comme un écosystème où ce dont nous avons besoin est disponible, où les déchets sont une source de matières premières, où les contributions de tous sont les bienvenues, où les résultats se déversent en cascade pour maximiser les bénéfices.

Cependant, gardons les pieds sur terre. Malgré tout ce buzz autour du bambou, malgré ses pionniers et leurs réalisations magistrales, un pays comme la Colombie considère toujours le bambou comme un arbre ; sa récolte est très réglementée. Vingt-cinq ans de lobby, de science et de ridicule n'ont pour le moment pas réussi à mettre la loi en accord avec la biologie : le bambou n'est pas un arbre, c'est une herbe. Lorsque vous le coupez, il pousse à nouveau, contrairement à un arbre qui doit être replanté. C'est cette réalité désagréable de la politique et des réglementations quotidiennes qui devraient nous mettre en alerte : les changements ne se produiront pas du jour au lendemain et, pendant que des progrès seront réalisés, nous aurons besoin d'au moins mille autres étapes avant d'atteindre la sagesse.

# 15
# Atteindre l'inaccessible

L'argument des communistes au XIX$^{e}$ siècle, une théorie encore largement répandue, était que « les riches deviennent plus riches et les pauvres encore plus pauvres ». Dans un livre à succès, Thomas Piketty démontre, s'appuyant sur deux siècles de statistiques, que les riches qui contrôlent le capital deviennent plus riches, tout particulièrement en France. Il affirme assez éloquemment qu'aussi longtemps que le rendement du capital sera supérieur à la croissance de l'économie, les pauvres continueront de s'appauvrir. Historiquement, le capital, c'était les terrains, puis c'est devenu les machines. Aujourd'hui, dans une évolution récente, c'est l'argent placé qui sert à faire de l'argent.

On sait que les traders qui spéculent avec des superordinateurs sur des super-réseaux à haute fréquence font des milliards pour ceux qui ont des milliards à investir. On sait que ceux qui ont ces milliards, que ce soient des individus ou des entreprises, utilisent des niches fiscales pour ne pas payer d'impôts (et que, quand ils en payent, ce n'est que quelques pourcents). Presque tous limitent leur implication à la responsabilité sociétale des entreprises (RSE), c'est-à-dire quelques

programmes dont la photographie fera bien dans le bilan annuel (notons que ces dépenses sont le plus souvent fiscalement déductibles). Combien d'entreprises font de la RSE la stratégie de leur entreprise, incluant produits et usines ? On sait donc que, dans ces conditions, il sera impossible aux pauvres de s'enrichir sans avoir à tricher. La seule option pour échapper à la pauvreté semble l'illégalité et les trafics de toutes sortes (des drogues aux espèces en danger).

Bien sûr, la réaction habituelle, lorsque l'establishment est confronté à ces faits, est de contester les résultats, de remettre en question les données, de jeter le doute sur les sources et finalement de faire ce que tous les membres de l'establishment ont fait tout au long de l'histoire quand une nouvelle vérité est gênante : discréditer l'auteur. C'est normal. Et lorsque les faits sont finalement acceptés et ne sont plus soumis à des débats intenses, mais deviennent le sujet à la mode de conversations thématiques, ceux qui ont formulé les critiques les plus virulentes sont fiers de prétendre que c'était leur idée originale de toute façon. Cependant, il reste une contestation forte et fondamentale à l'affirmation que « les riches deviennent plus riches ». La critique la plus sévère contre la théorie proposée par Piketty provient des économistes anglo-saxons, qui lui opposent la « théorie du ruissellement », selon laquelle au fur et à mesure de l'enrichissement des riches, lentement mais régulièrement, l'argent et la richesse sont transférés aux pauvres. Ceci n'est étayé que par des anecdotes et aucune statistique ne prouve cet argument.

Les libéraux s'appuient souvent sur l'exemple de l'effondrement du système communiste. L'Union Soviétique s'est effrondée car les dirigeants n'ont pas pris en compte le prix du marché dans leur planification.

Suivant cette même logique, plusieurs économistes sont persuadés que le système capitaliste périra car les responsables ne prennent pas en compte le coût écologique de la production. Selon l'économiste Chandran Nair, le coût réel d'un smartphone s'élève à 10 000 dollars et celui d'un hamburger à 100 dollars. Mais comme c'est le Bien Commun qui doit absorber les dégâts et que personne n'est prêt à régler la facture, l'écosystème et le tissus social sont obligés d'absorber ce surcoût écologique.

En fait, beaucoup oublient que les États-Unis et le Canada sont une exception en matière de création de richesse : une nation qui est passée de trois millions à trois cent millions d'habitants en moins de deux siècles, et qui s'est appropriée toutes les terres et leurs ressources en éliminant la population aborigène, a la capacité de répartir la richesse. Dans ces circonstances, les riches se sont toujours enrichis, à l'exception de la Grande Dépression (la crise de 1929) et de la Seconde Guerre mondiale. On ne peut ignorer que, jusqu'à récemment, la croissance en valeur absolue du nombre de citoyens de la classe moyenne aux États-Unis a justement alimenté l'idée que le rêve américain est possible. Malheureusement, les dernières statistiques démontrent que jamais les riches Américains n'avaient autant augmenté leur richesse. De nombreuses études montrent que des familles avec deux salaires, vivant dans des mégalopoles comme New York, Chicago et Los Angeles ne parviennent pas à joindre les deux bouts, ni bien sûr à envoyer leurs enfants à l'université. Et les riches dont les enfants échouent à intégrer les plus grandes universités trichent pour assurer à leurs progénitures une place, ce au détriment des autres. D'autres données indiquent qu'en 1964, 23 % des enfants américains vivaient dans

la pauvreté ; cinquante ans plus tard, malgré 16 trillions de dollars d'investissements dans la lutte contre la pauvreté dans la nation la plus riche du monde, 22 % de tous les enfants américains vivent encore dans la pauvreté[1]. Les enfants vivant dans la pauvreté ne sont qu'un seul paramètre ; l'écart de revenu entre les plus riches des États-Unis et la région métropolitaine la plus pauvre a atteint en 2016 son maximum[2]. Qu'est-il arrivé au rêve américain ?

Les données chiffrées peuvent atténuer des tendances observées par des données relatives. Les statistiques prouvent ce que vous voulez démontrer : parfois vous utilisez les valeurs absolues, parfois vous utilisez les pourcentages. La réalité peut être présentée de n'importe quelle façon. Cependant, en ce qui concerne la pauvreté, il n'y a qu'un seul nombre qui compte dans nos évaluations : l'absolu ! Or, il y a toujours plus d'efforts pour fournir de l'aide afin de réduire la douleur et l'inconfort des personnes pauvres. Et, bien que cela soit nécessaire, certains soutiennent que c'est la raison même du piège de la pauvreté et que l'aide doit être transformée en autosuffisance. La dure réalité est que les programmes d'aide gérés par les gouvernements, les entreprises et les fondations n'ont pas réussi à sécuriser l'accès aux outils pour sortir de ce piège.

Alors que les personnes pauvres ne tirent aucun bénéfice de la croissance de l'économie (ni traditionnelle ni durable), perdant richesse, emplois et revenus,

---

1. Voir Michael D. Tanner, « War on Poverty at 50 – Despite trillions spent, poverty won », *Fox News*, 8 janvier 2014.

2. Voir Alan Berube, « City and Metropolitan income inequality data reveals ups and downs through 2016 », Brookings Institute Report, 5 février 2018.

les investisseurs, eux, réussissent très bien. Les fonds d'investissement ne libéreront pas les sommes qu'ils contrôlent, à moins d'y trouver un meilleur rendement. À l'exception des obligations d'État, aucun investisseur n'est satisfait d'un rendement annuel inférieur à 10 %. Les *business plans* qui ne prévoient pas un retour minimum de 20 ou même 30 % ne sont pas pris en considération. Or il est impossible de s'attendre à ce que les économies émergentes atteignent un taux de croissance à deux chiffres supérieur au taux de rendement du capital. Voilà les données : les riches deviennent plus riches. Alors que faisons-nous pour arrêter de parler et agir ?

Partant de l'équation « $r > g$ » (où $r$ est le taux de retour sur le capital et $g$ est le taux de croissance de l'économie), la question qui devrait être immédiatement posée est de savoir comment cette équation simple peut être inversée et passer à « $r < g$ ». C'est seulement à cette condition qu'il est possible d'assurer l'augmentation du pouvoir d'achat de toute la population.

Il est impossible d'ignorer le fait que la pauvreté s'accroît en chiffres absolus et, pire que la pauvreté, le chômage des jeunes, et ce à l'échelle mondiale. Ce paramètre, qui indique si la prochaine génération aura l'opportunité de gagner un salaire minimum pour s'occuper d'une famille, augmente à des taux alarmants. Cela signifie que la pauvreté n'est pas seulement à la hausse, mais que la situation n'est pas près de s'améliorer. La jeunesse sans emploi ne se limite pas au monde en développement. Des pays comme l'Espagne, l'Italie et la Grèce ont plus de 50 % de leurs membres les plus dynamiques laissés de côté. En Palestine, 98 % des jeunes de moins de 26 ans sont sans emploi ni perspectives, majoritairement pour des raisons politiques.

C'est un gaspillage inacceptable de ressources humaines quand un nombre croissant de jeunes formés et motivés sont informés que leur volonté de travailler et leurs compétences ne sont pas nécessaires. Les gouvernements acceptent cette difficulté et se cachent derrière la nécessité de poursuivre l'austérité et d'équilibrer le budget. Les entreprises et les riches affirment que, de leur point de vue, le taux de croissance est trop faible !

Nous devons quand même nous interroger : combien de temps encore personnes démunies montreront-elles patientes ? N'est-il finalement pas logique que des citoyens désespérés revêtent des gilets jaunes ? Une mère dont les enfants se couchent tous les soirs la faim au ventre et un père qui voit ses fils adolescents fabriquer des roquettes pour les tirer à travers une clôture ne peuvent se contenter d'une promesse que tout va s'améliorer dans quelques années, une fois les gouvernements corrompus renversés et des accords de libre-échange signés pour fournir des produits bon marché remplis d'OGM dans le monde entier. La seule option est d'inspirer suffisamment les pauvres pour qu'ils prennent en main leur destin et puissent concevoir des solutions avec ce qu'ils ont. Cela nécessite une refonte totale des modèles de négoce capables de répondre aux besoins fondamentaux de tous, en y incluant les autre êtres vivants avec qui nous partageons ces écosystèmes, tout en offrant un rendement raisonnable aux investisseurs.

## Donner leur chance à ceux qui sont au bas de la pyramide

Quand la pauvreté est endémique et que des milliards d'êtres humains manquent d'eau, d'aliments,

de logements, d'infrastructures, d'hôpitaux, de soins, d'énergie, de traitements des ordures, de mobilité, d'éducation et de culture, comment est-il possible pour certains d'affirmer qu'il n'y a pas de demande ? On réplique alors qu'effectivement la demande existe, mais que c'est l'argent qui manque. Les professeurs C. K. Prahalad et Stuart Hall ont démontré dans leurs recherches résumées dans un article publié en 2004 que les trois milliards de personnes qui survivent avec 2,50 dollars par jour dépensent la somme incroyable de 2,7 trillions de dollars annuellement. Le bas de la pyramide, c'est un marché prêt à intégrer l'économie formelle. Alors comment attaquer ce vaste potentiel avec les modèles économiques traditionnels et le même retour sur investissement ? Pour les grandes entreprises, imaginer comment se transformer n'est pas si facile. Par exemple, Unilever, inspiré par le livre de Prahalad[1], a pensé à conditionner du shampoing dans des dosettes plutôt qu'en bouteilles. Ces micro-doses de shampoing sont revendues à travers un réseau spécifique de petites épiceries locales. Or, cela ne rapporte rien aux plus pauvres et ne leur permet pas non plus d'accéder à des produits de qualité à des prix compétitifs. Au contraire, il s'agit d'un assèchement des ressources de communautés déjà en souffrance qui, auparavant, n'utilisaient pas de produits synthétiques saturés de colorants artificiels et emballés dans des plastiques qui iront polluer les eaux. Ce shampoing va plus encore renforcer la quête d'économies d'échelles et de défense des marges pour

1. C. K. Prahalad, *The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty through Profits* (« La fortune au bas de la pyramide : éradiquer la pauvreté par les profits »), Financial Times/Prentice Hall, 20047

le fabricant. Cette stratégie vise la pénétration commerciale et la reconnaissance des marques, pour qu'un jour le distributeur ajoute d'autres lignes de produits ou qu'il soit racheté par une chaîne plus grande et plus intégrée encore. Le peu d'argent qui circule termine dans les coffres des multinationales qui l'utilisent pour financer leurs futurs investissements dans l'espace cybernétique.

## Changer le modèle d'entreprise (*business model*)

Au cours des vingt dernières années, j'ai cherché des modèles meilleurs que ceux que nous avions mis en place jusqu'alors. Ce n'était pas une critique, c'était la recherche de quelque chose de meilleur. Nous pouvons sortir les gens de la pauvreté et inverser la tendance des « riches devenant plus riches » en changeant vraiment le modèle économique actuel, pas en corrigeant à la marge mais en concevant quelque chose de vraiment nouveau. De façon étonnante, bien peu réalisent qu'une croissance inclusive dans une société durable nécessite un incroyable niveau de performance à tous les échelons. Et pourtant, encore moins remettent en question les modèles dominants de réduction des coûts, d'austérité et de libre-échange, persuadés que la croissance sera la panacée aux problèmes socio-économiques.

Je suis toujours surpris quand les gens pensent que « la solution viendra du marché », c'est-à-dire que les investissements à hauts rendements vont corriger la pauvreté surtout avec « l'économie de partage », que les divers programmes d'aides vont arrondir les angles durs, que les avancées scientifiques (nanotechnologies, manipulations génétiques, réseaux intelligents, big data) vont

« faire le job » ! Nous devons reconnaître que, même avec les meilleures intentions du monde, toutes ces tentatives ne feront pas une grande différence pour les trois milliards d'êtres humains démunis de tout. On semble même parfois être résigné à cette pauvreté. Non, il nous faut concevoir des systèmes économiques et des *business models* compétitifs *et* capables de satisfaire les besoins basiques de tous, y inclus les 100 autre millions d'espèces vivantes avec qui nous partageons cette planète.

Nous devons nous concentrer sur des *business models* qui permettent de retrouver le leadership des entrepreneurs, surtout les entrepreneurs oeuvrant pour le Bien Commun. Les tendances macro-économiques sont l'amalgame de décisions et d'initiatives prises à un niveau micro-économique. Plutôt que d'essayer de piloter le monde depuis le cockpit d'un avion en jouant sur les taux d'intérêts, les règles fiscales, les déficits budgétaires des gouvernements, les taux de change et les accords internationaux, nous devrions partir du terrain, là où les besoins sont les plus pressants, dans les bidonvilles d'Asie, les favelas d'Amérique latine et les townships d'Afrique. Transformons les « couloirs de la pauvreté » en « couloirs de la croissance » sans exploiter encore plus notre terre, mais en convertissant tout ce qui est localement disponible, et en y ajoutant de la valeur ! Comment déclencher une croissance inclusive qui, non seulement adresse les besoins fondamentaux, mais crée aussi des bénéfices issus de l'intégration des personnes pauvres à l'économie et à une société saine ?

**Incapable d'atteindre les pauvres ?**

Il est primordial de regarder la réalité en face : l'économie de marché ne peut pas atteindre les pauvres ! Si le marché n'y arrive pas – et le marché est un outil politique –, c'est que le modèle actuel en est incapable. La conséquence, c'est que pauvreté et chômage sont devenus la norme. C'est dur à admettre, mais c'est vrai. Les agents économiques ont adopté la logique des économies d'échelles pour atteindre un coût marginal toujours plus bas avec des compromissions sur la qualité mais pas sur les niveaux de marge. Pour atteindre le niveau de retour sur investissement désiré, le système est devenu incroyablement dur et licencier les travailleurs sur l'autel de la productivité est désormais la règle, et même grandement apprécié par les investisseurs en bourse.

Afin d'atteindre de nouveaux niveaux d'économies pour des produits standardisés (sinon, c'est impossible), il faut éliminer les barrières au libre-échange. Le libre-commerce, c'est le mot magique qui permet la libre circulation des biens, des services et des capitaux (mais certainement pas des personnes). Pour les personnes, les frontières n'ont jamais été aussi difficiles à franchir et obtenir un visa est devenu une véritable entreprise. En revanche, avec des biens, des services et des capitaux qui ignorent les frontières, il devient difficile de rémunérer correctement les personnes partout dans le monde (par exemple, pour les dissuader de migrer ailleurs). Ceux qui ne voient pas d'échappatoires, ayant été témoins que leurs parents et grands-parents « n'y arrivaient pas », risque de se réfugier dans la violence, les drogues, le fondamentalisme et le terrorisme. Le défi

n'est pas seulement de combattre les extrémistes, le vrai challenge est de créer les conditions où des jeunes n'auraient aucun intérêt pour leurs propositions.

L'économie mondiale recherche l'équilibre entre l'offre et la demande grâce au « prix du marché ». Tout a un prix maintenant, même ce qui est nécessaire à la vie – l'eau, par exemple. Pourtant un bien commun fourni gratuitement par la Nature, elle est maintenant facturée. Ainsi, il y aura toujours des millions de personnes qui ne pourront jamais accéder à des biens et services de base, ou lorsque c'est le cas, ils ne répondent aux normes minimales de santé. Si nous convenons que le modèle mondial de livraison de produits et de services est incapable d'atteindre les personnes démunies, nous devons veiller à ce que les personnes dans ces « couloirs de la pauvreté » répondent à leurs propres besoins avec ce qu'ils ont. Cela ne défie pas l'économie mondialisée, c'est une réponse à l'incapacité de l'économie mondialisée actuelle à être inclusive. Donc, si ce processus de répartition échoue par sa conception, nous n'avons qu'une seule option : changer le modèle et mettre en œuvre une nouvelle économie de marché. La proposition est de faire mieux, et lorsqu'un système échoue ainsi, toute proposition est forcément meilleure !

La réaction immédiate à cette conclusion directe est que ce n'est pas possible, au motif que si cela était possible, cela aurait été fait depuis longtemps et pour tout le monde. Cependant, si un nouveau modèle d'entreprise est fondamentalement différent de celui déjà pratiqué auparavant, il est peu probable qu'il obtienne une acceptation globale la première année ou même la première décennie. Il a fallu aux économistes du libre-échange (Adam Smith, l'auteur de *La richesse des nations*, et David Ricardo, l'inspirateur de la théorie des

avantages comparatifs, qui n'avaient eu accès à aucune statistique ou donnée empirique) plus d'un siècle pour voir leurs concepts prévaloir comme la logique économique dominante. Alors, pourquoi serait-il maintenant nécessaire de fournir une preuve de concept à l'échelle mondiale immédiatement avec des références mathématiques quand en réalité ce sont les hypothèses de départ qu'il nous faut changer ? Nous devons partir des cas micro-économiques avant de tirer des conclusions macro-économiques.

## Répondre aux besoins de base

Les modèles commerciaux qui répondent aux besoins fondamentaux des personnes avec ce qui est disponible localement peuvent améliorer les moyens de subsistance. Cependant, l'argent ne doit pas quitter les communautés mais continuer à circuler à l'intérieur. Des personnes ayant en main 100 euros (ou pesos, dollars, couronnes) gagnés durement doivent pouvoir satisfaire leurs besoins les plus urgents avec des produits locaux. L'argent doit être dépensé localement, pour acheter des biens et des services également obtenus localement. Cela crée un effet catalyseur dans le cycle de croissance local. À mesure que d'argent circule, le portefeuille de produits et de services produits localement se diversifie davantage, de sorte que l'argent dépensé rapidement sur place accélère la constitution de capital localement. Il s'agit d'un modèle de croissance à deux chiffres possible. La hausse des liquidités ne peut provenir de la seule croissance démographique. Le modèle de croissance est donc : 1) répondre aux besoins fondamentaux et 2) faire circuler l'argent durement gagné localement.

Bien sûr, on se demande combien de ressources humaines, de capitaux, de matériaux et d'énergie sont disponibles localement pour assurer ces transformations à un rythme rapide. Est-ce que cette croissance à deux chiffres proposée ne conduira pas à des pénuries, à des hausses de prix et même à des importations ? Bien sûr, il y a des limites et il y aura des défis. Mais le modèle actuel de normalisation et de mondialisation basé sur un effort incessant de baisse des coûts rend les pauvres plus pauvres, car tout l'argent consacré à la consommation de base quitte la communauté.

Ainsi, en Afrique du Sud, 34 % du pouvoir d'achat des pauvres ayant moins de 2 500 dollars par an est réservé à la nourriture, mais pour ceux qui n'ont que 600 dollars par an cette proportion monte jusqu'à 47 % ! Si seulement tout ce qui est mangé était produit sur place ! L'objectif principal est de développer ce concept de croissance inclusive et de l'appliquer, par exemple, aux besoins de logement en Afrique. Le développement du cas ci-dessous n'est pas hypothétique, mais il reflète une réalité et une confirmation de l'intention de réussir. Bien que chacun des programmes et initiatives mentionnés ait été mis en place quelque part, l'ampleur des investissements et l'ampleur de l'impact n'ont été réalisés nulle part. Cependant, le temps est venu. C'est dans le contexte d'un grand projet de développement immobilier et communautaire en Afrique que nous pouvons appliquer les principes et la logique décrits ci-après, et proposer un cas qui inspirera les autres à se joindre et à apprendre du processus afin de mettre en œuvre une des initiatives inclusives de développement les plus ambitieuses.

| | |
|---|---|
| Croissance inclusive | 1. Répondre aux besoins de base avec ce qui est disponible localement. |
| | 2. Faire circuler l'argent localement. |

## Nouveaux modes d'accès au logement

Quiconque parcourt un bidonville ressent le manque de dignité dans ce monde désolé. Leurs habitants ont légitimement le droit d'être impatients et en colère ; ce n'est pas seulement réservé aux Gilets jaunes. Il existe pourtant de nombreux modèles commerciaux innovants pour répondre au besoin fondamental de se loger. C'est un des premiers modèles d'entreprise à mettre en place. En Afrique, il y a de nombreuses jeunes démocraties avec une population jeune et un mode de vie urbain en pleine croissance, mais qui souffrent d'une pénurie d'habitations. Les gouvernements disposent de longues listes de personnes en attente d'une maison et ils reconnaissent qu'éliminer la pauvreté passe par la fourniture de millions de logements abordables. Les gouvernements sont désireux d'y parvenir, mais force est de constater qu'ils n'ont pas réussi à répondre aux attentes. Une analyse détaillée de la situation démontre que les gouvernements ne sont pas les seuls responsables, nous devons blâmer le modèle commercial actuel.

Chaque fois qu'un projet d'immobilier social est conçu, les investisseurs (ceux qui ont le capital) extrairont tous les gains en capital avant la construction de la première maison et laisseront aux constructeurs la tâche de construire des « cabanes pas chères ». L'équation peut être résumée comme suit : requalification,

revente et retrait. Il est nécessaire de dévoiler la logique de cette machine de fabrication d'argent, qui ne partage aucun de ses formidables gains financiers avec les personnes qui ont vraiment besoin d'abris et qui espèrent pouvoir vivre dans un environnement durable et communautaire.

Le mécanisme est le suivant. Les premiers investisseurs prennent le contrôle de la terre par des options, de préférence sur des propriétés agricoles ayant épuisé le sol et perdu toute productivité. La dégradation des terrains justifie la transformation de la classification agricole en zone d'urbanisation. Le contrat d'option signifie que les investisseurs n'achètent pas le terrain, ils ne promettent d'acheter qu'à une date ultérieure, à un prix agréé (bas). L'investisseur paie des frais pour avoir ce droit et rien de plus. Lorsque la propriété est finalement requalifiée par une décision politique, le terrain est acquis au prix fixé par l'option et, la plupart du temps, il est immédiatement revendu à un promoteur immobilier. Des terres qui ne valaient presque rien voient tout à coup leur valeur multipliée par quatre ou dix. Ainsi, sans tenir compte de la valeur des terres agricoles, et uniquement grâce à des options, des milliards de profits sont générés par une décision politique. C'est une source majeure de corruption.

Ces gains en capital sont retirés (en toute légalité et légitimité) du projet pour enrichir ceux qui ont pu signer les options. Les agriculteurs qui luttaient pour leur survie avec des terres appauvries mettent en jeu leur actif sans profiter des plus-values. Non seulement ces anciens propriétaires ne tirent aucun bénéfices, mais en plus aucun de ces gains n'est utilisé pour rendre l'accès au logement abordable.

Ensuite, les terres arides converties en zones habitables doivent être viabilisées, et c'est le nouvel investisseur qui finance les infrastructures avec des dettes. Lorsque, grâce à des crédits bancaires, l'infrastructure pour l'eau, l'électricité et les eaux usées est en place et que la construction des maisons et appartements peut commencer, le projet est de nouveau vendu à un promoteur immobilier, qui reprend également les dettes accmulées. La vente enrichit ceux qui livrent un terrain réaménagé, prêt à être construit. Il n'y a toujours pas de maisons construites, mais une nouvelle plus-value a eu lieu. Malheureusement, cette valeur réelle nouvellement ajoutée est, tout comme la première, sortie du projet et déposée en banque (où des intérêts feront fructifier ce capital). Une étude étayée a estimé que, depuis la fin de l'Apartheid, vingt ans de projets immobiliers sociaux en Afrique du Sud ont généré des gains en capital suffisants pour que les prix de tous les logements sociaux construits pendant la période soient réduits de moitié. Cet argent a été exfiltré de l'économie, même du pays.

Ensuite, vient la société de développement du logement social, celle qui doit livrer la maison. Comme tous les gains en capital ont été extraits du projet, il n'y a plus de capital. Pire encore, la sortie des gains en capital a été rendue possible en proposant des emprunts sur le projet. La société de développement immobilier est ainsi sans financement et dépend du financement hypothécaire du consommateur final pour rembourser sa dette (et éventuellement faire du bénéfice). C'est l'endettement immobilier du futur propriétaire d'un logement abordable qui remboursera la dette du promoteur et les gains en capital versés aux spéculateurs. C'est le *business model* des logements sociaux qui est par Nature incapable de créer des logements de qualité.

La société de développement immobilier gagne de l'argent à la marge et sa rentabilité dépend de sa capacité à réduire tous les coûts possibles chez ses fournisseurs. Les bâtiments livrés ne sont certainement pas des maisons confortables. Ce sont des abris sans les conditions requises pour construire une communauté. Afin d'obtenir le prix de revient le plus bas possible, les matériaux proviennent de l'offre la moins chère. Cela conduit à l'approvisionnement global de tous les matériaux de construction, de la plomberie et des autres équipements. Bien que cela corresponde tout à fait à la logique du logement à faible coût, cela diminue la valeur totale du bien. Il est impossible que le programme de construction de maisons mis en œuvre selon cette logique puisse jamais sortir les gens de la pauvreté, ni résoudre le problème de pénurie de logements. Mais ce qui est impensable est que ce soient les pauvres qui portent la dette (souvent par le biais des subventions de l'Etat, c'est -à-dire du contribuable) servant à payer les gains en capital d'un projet avant même la construction de la première maison !

Le problème de l'immobilier social

| |
|---|
| 1. La terre agricole est requalifiée.<br>Les gains du capital sont sortis du projet. |
| 2. La zone est viabilisée.<br>Les gains du capital sont sortis du projet. |
| 3. Des maisons *low cost* sont livrées aux populations pauvres.<br>Le coût du capital (1 et 2) est tel que la qualité de construction est médiocre. |

Et si l'on appliquait le principe de répondre aux besoins locaux en logement avec ce qui est localement disponible en commençant par le capital généré par la requalification des terres agricoles ?

On n'élimine pas les gains en capital du projet, on les y intègre. Cela signifie qu'au lieu d'avoir à presser chaque fournisseur au dernier cent, des actifs et des ressources seront disponibles pour payer les fournisseurs locaux à des prix raisonnables. Cela garantit que l'investissement de 25 000 euros dans une première maison est également une injection de 25 000 euros dans l'économie locale. C'est-à-dire un moyen de subsistance pour cinq soutiens de famille qui peuvent maintenant eux aussi aspirer à acheter une maison. C'est le début d'un cycle positif. Mieux encore, si les matériaux sont fournis localement, les flux de trésorerie circulent localement, renforçant les finances de cette initiative de logement puisque les gains en capital ont été maintenus au niveau local. Ensuite, les maisons peuvent être vendues à un coût encore plus faible pour le premier propriétaire. Il s'agit d'un nouveau modèle d'entreprise.

Ce modèle d'entreprise ne s'oppose pas à la rémunération du capital. Il est en faveur d'une question adressée aux fournisseurs de capitaux et aux spéculateurs : « À partir de quand le rendement est-il suffisant ? » Au lieu de faire un milliard ou plus sur une bonne affaire en deux transactions, les investisseurs qui ont signé les options et rassemblé les terrains sont-ils prêts à ne faire que 300 millions et à consacrer les 700 millions restants à la fourniture de logements abordables et de services d'infrastructure qui seront maintenant exploités localement avec les investisseurs originaux en tant que partenaires ? Et, surtout, les investisseurs initiaux pourront continuer de gagner de l'argent sur

l'ensemble des nouveaux flux qui seront générés par des populations non-exsangues financièrement.

La décision de requalifier des terres agricoles, situées en périphérie des villes, en terrains constructibles est une décision purement politique. Peut-on accepter que, quand une décision politique de cette ampleur (et de cette valeur) est prise, les bénéfices aillent d'abord aux personnes connues des décisionnaires (et pas aux pauvres en attente de logement) ? Peut-on envisager que, au lieu de multiplier par 300 à 500 fois la valeur des options, un retour de 10 ou 20 fois soit suffisant ? Les investisseurs seraient-ils satisfaits de 3 à 5 fois le montant initial ? Cet argument ne sera pas reçu à bras ouverts par les entreprises traditionnelles de promotion immobilière, qui ont accumulé de la richesse pour leurs actionnaires pendant des décennies, et qui ont utilisé leur pouvoir économique pour influencer les décisions politiques. Il nous faudra repenser chaque composant du système et générer des revenus pour les investisseurs et les personnes pauvres en même temps, sur chaque besoin auquel nous pouvons répondre localement.

## S'approvisionner localement

Combien faut-il d'acier et de ciment pour construire une maison ? Un représentant des fabricants d'acier ou des cimentiers soutiendrait qu'une maison ne résistera pas à l'épreuve du temps sans leur matériel. Parfois, nous devons nous inspirer des plus grands architectes des temps modernes, qui changent les règles du jeu. L'architecte américain Frank Gehry appartient certainement aux créateurs exceptionnels de forme et de beauté. Peu de gens se rendent compte que le verre

cellulaire, plus connu sous le nom de « laine de verre », est au centre de ses structures. Le verre cellulaire est fabriqué à partir de verre recyclé et de matières premières abondantes dans la Nature (sable, dolomite, chaux) sans liant ni gaz ignifugeant ni gaz nocif pour la couche d'ozone. C'est un matériau de construction neutre en carbone, léger, peu coûteux, résistant aux acides, ignifuge, structurel et se prêtant à un système de construction préfabriqué. Ces « couloirs de la pauvreté » ont un vrai problème de gestion des déchets et le stock de verre est important. La structure centrale d'une maison abordable à base de verre cellulaire peut créer de la valeur à partir de verres recyclés, issus des décharges. Ce n'est pas du recyclage des déchets, c'est de la valeur à partir de rien ! Le verre cellulaire améliore aussi la qualité des logements en baissant les coûts : il élimine l'utilisation de retardateurs de feu et introduit des isolants qui ne faisaient pas partie des normes de logement abordables. Cela génère des emplois supplémentaires qui font circuler de l'argent supplémentaire.

Le recyclage local des déchets dans un matériau de construction est l'une des nombreuses initiatives industrielles que les communautés pourraient entreprendre, afin de transformer leurs programmes de logement en un des moteurs de la croissance.

## Passer d'une « bonne affaire » à un flux d'affaires

Comparons le rendement financier entre la vente d'une maison et la réalisation de son hypothèque avec les revenus potentiels générés au cours des vingt-cinq prochaines années par la vente de l'eau, de l'alimentation,

de l'énergie, de la gestion des déchets, de la mobilité et bien plus encore à une communauté intégrée et résiliente. Si la communauté achète de l'électricité à un fournisseur national (le plus souvent en position de monopole), les fonds consacrés à l'énergie quittent la communauté. L'alternative serait d'installer un nouveau réseau de courant continu local et renouvelable. Des mini-turbines hydroélectriques actionnées par la gravitation, des pompes à chaleur permettraient cette production locale. Du courant qui circule sur un réseau à bas coût c'est de l'argent qui circule localement.

L'État oblige généralement les compagnies d'électricité à assurer une alimentation électrique minimale aux personnes pauvres pour un coût marginal, voire la livraison des kilowatts heures gratuitement. Les monopoles des compagnies d'énergie, soit contrôlées par l'État, soit privatisées, ont de grandes difficultés à être rentables dans ces « couloirs de la pauvreté ». Les nombreux impayés de facture et le piratage de l'électricité font de la livraison de courant aux plus démunis une opération à perte. Donc, pour fournir un minimum d'énergie, il faut des subventions du gouvernement et/ou une augmentation des tarifs aux autres clients. Étant donné que le mécanisme de livraison actuel ne fonctionne pas, qu'il ne gagne pas d'argent et que les pauvres ne reçoivent pas de service, la meilleure façon de résoudre ce problème est que les pauvres génèrent leur propre courant. Tous les bidonvilles ont accès aux matières premières nécessaires pour s'assurer une source énergétique de base.

Alors si l'électricité est critique, l'eau est vitale ! Exploiter et distribuer chacune séparément est une opération coûteuse, et c'est pourtant la logique au centre de la gestion des services de bases dans la plupart des

villes. Combiner le mécanisme des deux offre un portefeuille de solutions sans pareil. Cette combinaison d'eau et de courant n'est pas seulement un système de livraison financièrement viable, mais aussi une plateforme idéale pour créer un réseau de micro, petites et moyennes entreprises émergentes. Malheureusement, les gouvernements et les entreprises sont organisés et fonctionnent dans des silos. L'eau est traitée par des experts en eau ; l'électricité est le fief des experts en électricité. Les décideurs politiques n'ont pas compris et les commerciaux ne peuvent pas imaginer que la combinaison de l'eau et de l'électricité offre une piste de croissance supplémentaire à l'économie locale et rende l'ensemble des services de base rentable au-delà des retours sur investissement standards d'aujourd'hui. En d'autres termes, l'électricité et l'eau ne sont pas seulement des services indispensables, mais plutôt des catalyseurs, des investissements stimulants qui permettent une croissance dans les couloirs de la pauvreté.

## Du courant sur place pour les besoins de base

Les sociétés d'électricité en Afrique sont souvent victimes d'impayés, de piratage ou même de vols. La ville de Johannesburg à elle seule perd près de 250 millions d'euros par an à cause du vol de courant. Des lignes électriques sont détournées en plein jour pour alimenter des réseaux illégaux. Les conditions sociales sont telles qu'il est politiquement impossible de stigmatiser ces pratiques. Et ceux qui ont un compteur électrique ne paient souvent pas toutes leurs factures. Aucune municipalité ne peut se permettre, sur un mandat de cinq ans, de perdre ainsi un milliard d'euros

(soit 250 millions d'euros par an). Pour améliorer la situation, les hommes et les femmes politiques doivent imaginer un changement fondamental de modèle. Technologies et méthodes doivent être revues en tenant compte des besoins de la population, qui ne peut se passer d'électricité. À l'encontre des idées des ingénieurs, nous suggérons des centaines, voire des milliers, de petits réseaux de courant continu dans les « couloirs de la pauvreté ». Ce réseau intelligent est à l'opposé de ce qui est préconisé dans les forums internationaux, mais il empêche le piratage.

Éviter le piratage et impliquer les communautés locales dans l'équation énergétique n'est pas la seule raison qui justifie un passage du courant alternatif du grand réseau au courant continu en réseau local. 80 % des appareils électriques d'un bidonville fonctionnent sur du courant continu. Téléphones, radios, lampes à LED ne sont pas seulement les plus économes en courant, ce sont aussi les moins chers. Plus besoin de transformer du courant de 220 V CA en 12 V CC, voire en ampoules de 0,7 V. Une fois l'accès à l'énergie résolu, on peut se pencher sur la performance des appareils électriques. Des lampes LED peuvent ainsi devenir un relais internet. C'est la technologie française Li-Fi qui permet le passage de la bande passante à la vitesse de la lumière.

Dans les townships, la maîtrise du courant continu est grande : toutes les voitures et tous les petits ateliers fonctionnent sur du 12 V CC. Cela signifie que l'on pourrait concevoir des appareils sans onduleurs ni transformateurs, plus simples et moins chers (et, pourquoi pas, produits sur place). Conduite et stimulée par les compétences et l'artisanat locaux, une nouvelle stratégie énergétique émerge. L'argent perdu

par le piratage et les impayés pourrait être partiellement alloué à un investissement dans des réseaux locaux de courant continu, alimentés par des énergies renouvelables, telles que le système Solarus, cette technologie suédoise particulièrement adaptée aux multiples besoins des personnes pauvres puisque le panneau électrique et thermique Solarus fournit de l'eau chaude et de l'électricité dans une seule unité. Cette approche facilite la cohésion d'une communauté locale, en se basant sur la fourniture d'énergie à un coût abordable et en responsabilisant les acteurs. Il convertit la spirale négative en une croissance vertueuse. D'autres initiatives développées en ce moment même nous permettent d'envisager de nouveaux *business models*, et surtout de nous projeter dans de nouvelles logiques de production et de consummation. Ainsi, en Allemagne, les cerf-volants imaginés par SkySails permettent de produire de l'électricité pour 6 à 12 mois sans interruption.

Afin de stimuler cette croissance à deux chiffres postulée comme la condition pour éradiquer la pauvreté, il doit y avoir une accumulation d'avantages, comme c'est le cas avec le verre cellulaire, la solution Solarus, ou les cerf-volants SkySails. Les technologies doivent soutenir un modèle entrepreneurial qui génère des flux de trésorerie multiples et offre une série de gains non financiers, tout aussi importants pour la communauté. Le cas de la santé est emblématique à cet égard. Avoir de l'eau désinfectée maintenue à température sans entraîner une demande excessive d'électricité serait une avancée considérable.

## De l'eau et de l'électricité à la santé

Le nouveau modèle autour des réseaux intelligents de courant continu fonctionne avec le réseau national en *back-up*. Le courant continu produit en local est la base d'une fourniture locale, décentralisée, s'appuyant sur des sources locales (soleil et eau). Pour un ensemble de dix à quinze foyers, Harry Stockman, un spécialiste néerlandais de cette solution recommande la nomination d'une « patronne du courant continu » pour superviser la livraison du courant et le paiement des factures. En cas de défaillance d'un des relais de courant continu, le réseau principal pourrait assurer le complément. L'eau étant stockée à 70 °C, des pompes à chaleur pourraient compenser un manque de courant par un différentiel de température et donc éliminer le besoin en piles et batteries d'appoint.

Cela génère, pour un projet de développement communautaire, des milliers d'emplois, tout en créant le capital social local nécessaire pour renforcer la confiance, grâce à l'approvisionnement fiable en eau, en eau désinfectée et en courant. Le déploiement de ce mécanisme de livraison supervisé par les citoyens locaux les habilite et génère un revenu qui autrement serait perdu. Ainsi, cette solution est financée par des fonds « perdus » quoique disponibles sur place (fonds que par ailleurs le fournisseur d'énergie ne perçoit pas). Il y a des fortunes au bas de la pyramide, il est nécessaire de savoir comment les exploiter.

Lorsque les villes passent à ce système de courant continu intelligent, le premier avantage est l'élimination des maladies gastro-intestinales, tout en fournissant un chauffage bon marché en hiver contre la grippe.

Une amélioration de la santé augmente la productivité des travailleurs et assure de meilleures notes scolaires. De plus, toute la nouvelle chaîne de valeur, des panneaux photovoltaïques aux réseaux CC, des appareils et lampes simplifiés à Internet, pourrait être assemblés localement. Cela renforce les industries primaires et secondaires locales et garantit que les maisons abordables améliorent les communautés. Ces composants du design urbain sont basiques et faciles à mettre en œuvre, mais ne sont jamais pris en compte dans le programme de réduction des coûts et d'augmentation des revenus du système d'alimentation électrique actuel.

## Cash-flows multiples

Au moins 70 % des produits Solarus ou SkySails, la laine de verre et des équipements pour le courant continu peuvent être fabriqués localement en générant des emplois. Ce cercle vertueux incluant plus de dépenses, plus d'emplois et plus de revenus appelle un nouveau programme de recyclage, de rétro-alimentation et des multiplicateurs. Oui, on peut créer de la valeur et du développement économique dans les « couloirs de la pauvreté ».

La création de nouvelles industries à partir de zéro est une tâche monumentale. Cela nécessite un démarrage robuste, même s'il est d'abord modeste. Rien qu'en Afrique du Sud, il y a un potentiel d'un million de nouvelles maisons autour des grandes villes, et le milliard qui a été piraté ou volé peut-être gagné et réinvesti dans des projets globaux et locaux pour créer de la valeur qui sera elle-même réinvestie sur place. Cette trésorerie et ces profits ne devraient pas atterrir dans les poches

d'investisseurs étrangers malins. Construire ainsi les infrastructures, c'est aussi réduire la dépendance à l'énergie d'origine nucléaire ou fossile, et ce à un prix moindre pour l'utilisateur. C'est donc plus de pouvoir d'achat pour les autres dépenses importantes comme l'éducation. Cette nouvelle livraison décentralisée d'eau et de courant, combinée à la production locale et au contrôle de la qualité, fait partie intégrante de la croissance intégrale du processus immobilier, passant de la logique du « deal financier » à une culture des flux continus de trésorerie. L'impact positif dans la communauté renforcera cette vision émergente autour d'un avenir meilleur. Cela réduira la violence et la nécessité d'avoir recours à toutes sortes de trafics.

Nous avons seulement commencé à décrire une poignée d'initiatives. L'impact, lorsque des dizaines ou même des centaines d'opportunités comparables se déroulent parallèlement, sera substantiel. C'est pourquoi tout projet de développement engagé dans une croissance inclusive devrait commencer par construire un portefeuille d'opportunités et mobiliser des capitaux au-delà de l'immobilier dévolus à la construction de logements abordables. Il s'agit de créer une nouvelle communauté. Si l'on considère seulement l'impact de disposer de courant et d'eau, pouvons-nous imaginer ce que cela serait avec, en outre, la nourriture, la nutrition et la santé, la culture et l'éducation, la mobilité et les emplois ?

## En plus, nourriture, santé et hygiène

Les fruits, les légumes, les céréales et la viande sont devenus des produits mondiaux. Les graines et les semences animales sont contrôlées par quelques-uns,

la récolte est échangée par quelques-uns, elle est traitée par quelques-uns, elle est importée par quelques-uns et elle ne profite qu'à quelques-uns. Alors même si le désir d'éradiquer la faim de ce monde doit être applaudi et la volonté de nombreuses organisations admirée, ce ne peut pas être l'occasion pour quelques-uns de gagner davantage. Au cours des dernières années, l'Afrique a connu une augmentation absolue de la sous-alimentation, alors que l'Asie a connu une légère diminution du nombre de familles souffrant d'insécurité alimentaire. La différence entre les deux continents est que les pauvres en Asie ont réussi à devenir des fournisseurs nets de produits alimentaires, en assurant leur propre autosuffisance tout en commercialisant leurs excès sur le marché. C'est ce qui est nécessaire en Afrique.

L'Afrique a connu un nombre croissant de pauvres urbains qui s'accumulent dans des bidonvilles avec des densités supérieures à deux mille personnes par kilomètre carré, laissant peu ou pas d'espace pour l'agriculture locale. La demande de services allant de la maternelle aux hôpitaux, à l'évacuation des eaux usées, à l'approvisionnement en eau douce est si élevée que la plupart des municipalités ne peuvent même pas se permettre la mise en conformité minimale. À moins que la sécurité alimentaire ne soit abordée simultanément avec l'assainissement et la santé, les zones urbaines seront témoins des mêmes inefficacités dans cette livraison que l'eau et le courant. Des stratégies autonomes pour atteindre des objectifs autonomes échoueront. La solution pour la fourniture de nourriture, de nutrition, d'assainissement et de santé aux personnes démunies réussit lorsque les modèles commerciaux intégrés l'emportent.

Un nouveau développement immobilier à l'intérieur des limites urbaines doit prévoir une sécurité alimentaire

d'au moins 90 %. Ceci est viable si les espaces ouverts sont sécurisés, lois énergétiques observées avec un flux solide d'enrichissement du sol dans les zones périurbaines. Ce n'est pas seulement une question de nutrition, il s'agit d'une stratégie pour assurer que l'argent circule et reste dans la communauté, grâce à la livraison interne de nourriture. La forte densité de population réduit les coûts de distribution et d'emballage. Des programmes établis pour cultiver des champignons comestibles sur les déchets de café et de thé offrent une première plate-forme qui garantit une variété de protéines destinées à la consommation humaine et animale. C'est un catalyseur dans l'économie locale. Chaque kilogramme de feuilles de café ou de thé peut produire un autre kilogramme de champignons comestibles avec un large éventail d'acides aminés essentiels, tandis que les restes après la récolte de champignons sont parfaits pour nourrir des poulets ou des chèvres.

L'élevage de champignons est rapide et facile, offrant des résultats en quelques semaines. Les jardins de légumes urbains, les baies comestibles et les parcs peuvent faire partie de l'urbanisme moderne, la clé est la circulation continue des nutriments et de l'énergie. L'une des ressources essentielles est le gaspillage humain. Il est considéré par beaucoup comme un coût, nécessitant une disposition capitale coûteuse ; pour d'autres, c'est une opportunité. Peu se rendent compte qu'un processus de gestion des déchets permettrait des modèles commerciaux visant à sécuriser la santé à long terme, la sécurité alimentaire et les emplois, tout en enrichissant les couches supérieures du sol (qui aujourd'hui dépendent fortement de l'ajout continu d'engrais, hors de portée de la majorité des résidents dans les bidonvilles).

La norme moderne consiste à utiliser de l'eau pour rincer les toilettes. Les toilettes sèches sont un anachronisme pour la plupart des citoyens, même si un tiers de l'eau potable dans les zones urbaines est consommé par les chasses d'eau (probablement l'une des utilisations les plus inefficaces de cette ressource rare). Les nourrissons sont les seuls membres de la famille exempts d'aller aux toilettes, et donc d'eau de rinçage. Les couches sont devenues la norme et, bien que cela puisse épargner de l'eau, il s'agit d'un problème croissant pour la gestion des déchets des villes. Les spécialistes des décharges du monde entier prédisent que jusqu'à 6-8 % des déchets solides seront des couches en 2030. Ces artefacts de la vie moderne ont été inventés en Suède juste après la seconde guerre mondiale et ont rapidement émergé comme un symbole de la modernité. Le problème n'est pas seulement le volume. Les couches modernes absorbent l'urine très efficacement, mais aucun parent ne rince le liquide pour réduire le poids des huit à dix mille couches qu'un bébé va utiliser avant d'être propre.

Le problème principal, c'est qu'on utilise des couches en plastique qui ne peuvent pas être transformées en terreau par compostage. Il existe pourtant des plastiques biodégradables. Ils sont plus coûteux, mais des couches produites et distribuées localement seraient moins chères grâce à la générations de bénéfices. Les couches compostables représentent le début d'un processus pour réapprovisionner le sol tout en générant des revenus et des emplois. C'est ce qu'ont démontré Ayumi Matsuzaka et les scientifiques du Jardin botanique de Berlin, avec l'appui de l'université technique de Berlin, qui ont établi un service quotidien pour produire, fournir et récupérer des couches compostées en

combinaison avec du charbon végétal, et un peu de marc de café. La production de *terra preita* permet une utilisation rapide, simple et riche pour fertiliser la couche supérieure des sols, démunie de charbon.

L'économie des changes-bébés est une économie de trésorerie. Les dix mille couches des premières années d'un bébé produisent environ une tonne de terre riche en carbone de haute qualité pour aider à la plantation d'arbres fruitiers sur des sols appauvris. En fait, les couches ne devraient pas coûter cher à la famille, elles devraient être un investissement récolté sous forme de fruits. Quand le bébé sera devenu un adolescent, environ un millier d'arbres fruitiers porteront ses fruits, offrant des récoltes abondantes pour les décennies à venir. Pourquoi limiter la plantation d'un arbre à la naissance, la vie d'un bébé peut produire suffisamment de terres riches pour plus d'un millier d'arbres qui produiraient, au minimum, 50 kilos de fruits (gratuits) par an.

Cela nécessite une planification avec l'agriculture, les jardins et les zones urbaines, les industries émergentes, ces dernières apportant un marché pour les plastiques biodégradables qui ne peut réussir que si le modèle commercial évolue vers la vente de couches produites localement, avec des plastiques biodégradables, un système qui régénère l'humus des terres appauvries et fournit une sécurité alimentaire à long terme tout en social et économique.

C'est le cas du pain ! La cuisson du pain est devenue si industrialisée que, dans certaines zones, les boulangeries locales ont disparu ou ont été réduites au réchauffement de la pâte congelée précuite et pré-mélangée. Il y a eu diverses initiatives pour relancer la boulangerie locale, presque toutes ont échoué. Si une petite boulangerie tente de concurrencer une boulangerie industrielle,

elle échouera à cause des coûts de fabrication. Afin de se développer avec succès, une boulangerie locale compétitive doit changer le modèle d'entreprise en commençant par la pâte. Mais la simple substitution d'un système industrialisé basé sur une économie d'échelle par un autre produit avec d'autres ingrédients ne suffit pas. Il faut transformer le *business model.*

De récents succès au Mexique et en Algérie avec les boulangeries locales démontrent que le pain doit être moins cher et contenir plus de nutriments. Bien que cela puisse paraître impossible, cet objectif a été atteint en concluant des accords avec des entreprises de transformation de fruits (par exemple, le guacamole au Mexique ou des graines de raisin en Algérie). Jusqu'à 5 % de toutes les graines des fruits sont séchées, broyées et mélangées dans la farine. La logique du développement économique local est toujours la même : utiliser ce que vous avez et s'assurer que l'argent payé quotidiennement pour le pain circule maintenant dans l'économie locale. On a calculé que, pour tout quartier de 50 à 100 familles, il pourrait y avoir une petite boulangerie utilisant l'excès d'énergie la nuit afin de fournir du pain frais tous les matins. Cela constitue la plate-forme idéale pour les micro-entreprises. Un programme de logement qui vise à loger 200 000 familles (notre objectif pour éradiquer les favelas et que bidonvilles) permet de planifier au moins 2 000 micro-boulangeries soit 3 000 emplois tandis que la version industrielle de cette même chaîne d'approvisionnement générera au maximum 100 emplois dont un tiers pour le transport, l'emballage, le marketing et la distribution. L'ajout de 5 % de graines de fruits dans la pâte élimine des dépenses, rend la boulangerie locale compétitive avec 30 fois plus d'emplois créés. Si,

par ailleurs, les résidences sont situées à proximité du blé ou de maïs, la génération de valeur par des micro-boulangeries dans la communauté peut concurrencer toute usine industrielle alors que le pain enrichi en minéraux est meilleur et plus sain que le pain industriel. Encore une fois, l'argent circule dans l'économie locale, fortifie le tissu social local et sort la population de la pauvreté par ses propres moyens.

Le nombre d'emplois générés, en fonction des flux de trésorerie disponibles, du capital, des matériaux, des ressources humaines et même des déchets, offre une première idée de la façon dont une économie locale peut concurrencer une économie mondiale. Cette description de quelques possibilités confirme que la demande peut être satisfaite avec l'offre locale, générant de la valeur locale, des emplois qui permettent des économies et l'accumulation de capital social. Il y a des centaines d'opportunités supplémentaires. Et cela ne fait que commencer.

## Gestion des déchets et énergie

La composante organique dans les flux de déchets solides est estimée à 50 % en moyenne. Les déchets biodégradables, renouvelables et organiques ne devraient jamais se retrouver dans une décharge ni être incinérés. La meilleure approche est d'exploiter les résidus organiques dans les zones pauvres pour générer plus de valeur. Le traitement idéal est la digestion anaérobie, c'est-à-dire des bactéries méthanogènes qui minéralisent le contenu pour produire un biogaz inerte avec deux tiers du méthane et un tiers du $CO_2$. Cette digestion bactérienne nécessite une alimentation stable, solide

et diversifiée où la matière organique sera mélangée à une chimie intelligente. Les boues provenant du traitement des eaux usées peuvent être combinées « intelligemment » avec les déchets organiques provenant des ménages et des marchés alimentaires ou de petits sites industriels locaux.

Cette chimie intelligente génère jusqu'à quatre fois plus de biogaz que lorsque les boues ou les déchets organiques sont digérés séparément ou mélangés sans tenir compte de réactions améliorées. Si le développement économique local a besoin de verre comme matière première pour l'industrie de la construction, il faut aussi du $CO_2$. Cette molécule de gaz peut être extraite du biogaz des digesteurs. Au lieu d'exiger une source externe, le verre cellulaire peut maintenant être entièrement fabriqué localement, ainsi que l'énergie qu'il génère. Les ingénieurs de production doivent étudier la prévisibilité de la chaîne d'approvisionnement en biens, énergies et matériaux. Le processus de digestion offre un grand confort car il possède un apport en matières premières parmi les plus sûrs et permanents : le jour où il n'y a pas de boue ni de déchets de biomasse, il n'y a pas de transformation. Il est essentiel de construire de nouvelles industries s'appuyant sur des flux de matières sécurisés et prévisibles afin de prévoir, à travers des modèles mathématiques, les revenus et les nombreux emplois.

## Rotation accélérée

Les chèvres et les poulets peuvent être élevés dans le cadre de programme de développements urbains. Alors que la grippe aviaire a enseigné au monde quelques

leçons d'hygiène, l'intégration de la production locale de protéines animales assure la sécurité alimentaire et constitue encore un autre catalyseur dans la croissance économique locale. Les éleveurs de chèvres des îles Canaries, de petites exploitations ayant moins de cinquante têtes, ont la plus grande productivité laitière. Le lait de chèvre est considéré comme plus sain que le lait de vache car moins riche en lactose et avec une structure chimique semblable à celle du lait maternel. Les chèvres fournissent également une viande maigre. Chaque petite ferme de chèvre en milieu urbain aurait besoin d'un tissu industriel local pour maximiser la création de valeur.

Le lait de chèvre a plus de valeur si, par exemple, il est transformé en crème glacée. Des agriculteurs locaux s'alliant avec une chaîne de coopératives locales pour transformer le lait de chèvre en fromage, yaourt et glaces, selon un modèle participatif où le fermier reçoit une commission du prix final payé par le consommateur, gagneront plus d'argent que jamais. Aux Canaries, le revenu par litre de lait de chèvre s'élève à 2,62 euros, soit dix fois plus que dans les pays de l'Union européenne ! À ce prix là, beaucoup de jeunes deviennent éleveur de chèvres.

Lorsque les chèvres et les poulets sont abattus dans une boucherie locale, les abats peuvent être transformés en protéines grâce à l'élevage des asticots de la mouche soldat (*hermetia illucens*), un producteur de protéines parmi les plus prolifiques. La société sud-africaine AgriProtein, basée au Cap, a prouvé que c'est viable dans les zones urbaines et périurbaines, confirmant les expériences antérieures du centre Songhai du Bénin. L'hygiène, l'élevage, la production alimentaire et la nutrition vont de pair avec une croissance économique

visant à encourager les pauvres. Les mêmes principes peuvent attaquer efficacement les déchets humains (eau noire et excréments) et aider à résoudre un autre poste budgétaire coûteux des grandes villes. Il est à noter que ce processus a passé avec succès tous les tests sanitaires de l'Union européenne, qui l'a approuvé, dans le cadre d'élevage de poissons.

Le portefeuille d'opportunités pour organiser la sécurité alimentaire à l'intérieur de la périphérie urbaine est vaste. On ne peut ignorer que toutes les industries productives ont besoin d'investissements. Tous les projets peuvent recevoir des fonds, à condition qu'ils puissent démontrer une demande, prévoir un flux de trésorerie, mobiliser des capitaux propres raisonnables, présenter un point d'équilibre compréhensible et avoir un impact social clair. Si nous ne pouvons pas comprendre l'ensemble des avantages d'un développement économique au cas par cas, en quelques concepts simples, nous ne pourrons pas rapidement mettre en place une croissance inclusive. La mise en œuvre de ces initiatives ne peut être soumise à un plan rigide, ni à des feuilles de calcul Excel. Une croissance inclusive repose sur une motivation élevée, une focalisation sur les ressources locales ; elle génère encore plus de valeur ajoutée, répond aux besoins fondamentaux et assure que la trésorerie générée circule avant tout dans l'économie locale. Rappelez-vous que le défi est que « $r < g$ » !

## Travail et transports

Le modèle traditionnel veut que les personnes pauvres vivent dans des bidonvilles et entament chaque matin une véritable odyssée pour trouver un emploi ou arriver

sur leur lieu de travail. Le centre de gravitation de la pauvreté n'offre aucun emploi. Des millions de personnes entament un voyage de deux à trois heures en dépensant jusqu'à un tiers de leurs maigres revenus, juste pour aller au travail. Ce n'est pas seulement une perte de temps, d'énergie et de ressources. Cela n'a pas de sens. La logique de l'emploi dans les zones industrielles s'explique en partie par le zonage traditionnel des villes avec des zones résidentielles, commerciales et industrielles arbitrairement divisées selon un plan directeur composé par des concepteurs urbains, qui n'ont, hélas, qu'une expérience limitée en matière de planification d'une croissance inclusive. Le résultat est que les pauvres envahissent les espaces ouverts et sont forcés d'organiser leur propre façon de travailler, souvent dans l'illégalité.

Le potentiel de croissance pour sortir les gens de la pauvreté est, une fois de plus, handicapé par des ressources financières mal dirigées. Il est courant pour une mère célibataire avec quatre enfants âgés de 3 à 12 ans de vivre aussi avec sa propre mère. Elle passe environ cinq heures chaque jour à se rendre sur son lieu de travail, le plus souvent comme femme de ménage. En Afrique du Sud, les trajets lui coûtent près de 30 % de son salaire mensuel. Elle part de la maison vers cinq heures du matin pour arriver dans un bureau à sept heures trente, après un périple incluant taxis, bus et trains. Pour le retour, même quand elle réussit à partir avant seize heures, il se peut qu'elle ne puisse pas arriver avant dix-neuf heures trente car les trains sont souvent en retard. Des grèves régulières, et souvent justifies, ajoutent encore à la difficulté à la difficulté de ces journées de travail. Chaque mois, elle passe près de cent heures sur la route. Une telle inefficience (qu'elle endure

pourtant stoïquement) serait totalement inacceptable dans l'industrie. Pourtant, l'industrie en général et les employeurs en particulier « externalisent » le coût de la mobilité et s'attendent à ce que les travailleurs marginalisés le portent.

Les employés avec les revenus les plus bas, qui travaillent dans l'économie informelle, dépensent actuellement une trop grande partie de leur revenu en transport. Dans le contexte sud-africain, ce tiers du revenu pourrait être converti en un cautionnement : 700 rands sud-africains (50 euros) par mois, soit 8 400 rands (600 euros) par an, soit 21 000 rands (15 000 euros) pendant vingt-cinq ans, la valeur à laquelle une maison pourrait être acquise. Si les emplois n'étaient pas « là » mais « ici », l'argent dépensé pour aller et venir au travail serait converti en investissement. Le montant total de l'argent qui pourrait être consacré sur vingt-cinq ans en dépenses en capital pour les deux cent mille foyers mentionnés atteint 40 milliards de rands (environ 2,8 milliards d'euros). Cela démontre bien qu'il y a une « fortune au bas de la pyramide », bien différente que ce que Prahalat avait prévu, mais aussi que les pauvres ont le potentiel pour créer leur « cité de la joie ». Il est difficile de se rendre compte des possibilités de ces petits montants et encore plus difficile de saisir ce que représente cet argent pour faciliter l'accès à la classe moyenne à tant de personnes grâce à des logements abordables.

Lorsque les emplois dans ce modèle de développement économique local, grâce à une croissance inclusive à partir de la dynamique de gains en capital, seront enfin locaux, il sera nécessaire de les connecter à la région. Cela impliquera la création d'un transport « nourricier », c'est-à-dire le raccordement de cette nouvelle

zone urbaine aux principales artères des transports en commun. Dans les années 1990, John Thomas « Jack » Lupton, l'héritier de la fortune de la plus grosse société de mise en bouteilles du Coca-Cola, a souhaité faire quelque chose pour sa ville natale, Chattanooga, dans le Tennessee (États-Unis). Il voulait débloquer le centre-ville d'une manière innovante. Lupton a adopté l'idée d'un transport local par autobus électrique pour une ville d'environ 370 000 habitants. La Ville a suivi les conseils des principaux experts en transport public et a transformé l'Autorité régionale des transports de la région de Chattanooga (CARTA) en première régie publique américaine (et mondiale) offrant un service de navettes gratuites avec des bus électriques.

Cela fait maintenant vingt ans que la CARTA gère ce système. Le système de bus électrique a rapidement abandonné l'échange des batteries dans les dépôts de bus et les garages, pour un système à induction : une bobine enterrée charge le bus sans contact dans des zones de stationnement ou de dépôt. La charge peut être régénérée par l'énergie solaire. Alors que les méthodes de charge traditionnelles fournissent une capacité à la batterie permettant une autonomie de 65 kilomètres, ce système de charge par induction augmente celle des bus à 160 kilomètres. Les coûts d'énergie et d'entretien ne représentent qu'un cinquième du coût du carburant d'une solution traditionnelle (avec l'essence au « prix américain[1] »). Étant donné que la recharge minimale partielle ne prend qu'une minute, les bus peuvent fonctionner toute la journée, ce qui réduit l'investissement en véhicules. Lorsque les coûts opérationnels diminuent à une part minime et qu'un « laboratoire vivant » dis-

1. Environ 0,50 euros/litre en 2016. (NdT)

pose d'une expérience de vingt ans, cela transforme la ville en un centre de recherches et de fabrication de technologies de transport de pointe. « Jack » Lupton[1] a gagné son pari.

Un système de bus sur batteries offre un avantage supplémentaire. Tout réseau électrique basé sur les énergies renouvelables nécessite une sécurité. La solution traditionnelle est un parc de batteries. Bien qu'il s'agisse d'une option techniquement valable, elle reste très coûteuse et repose sur l'exploitation croissante des mines.

Les batteries ont une durée de vie assez courte et c'est ce qui peut rendre l'énergie éolienne ou solaire non concurrentielle. On peut opter au contraire pour une solution qui utilise les batteries du système de transport urbain comme la source alternative de courant quand le soleil ne brille pas ou que le vent ne souffle pas. Même si ces batteries de secours n'ont pas à fonctionner pendant de longues périodes, elles sont une installation nécessaire lorsque l'on souhaite éviter le *back-up* traditionnel par des générateurs diesel. Dans notre projet, le réseau intelligent du nouveau développement inclusif permet de recharger les batteries des bus, qui fonctionnent sur 12 V CC, la nuit, avec l'excès d'énergie que le jour a offert. Dans le même temps, les batteries de bus deviennent un puissant composant bon marché pour une communauté en plein essor.

Les garages, l'exploitation et l'entretien de bus pour vingt passagers offrent des possibilités d'emploi. Les bus de transit de masse sont gérés dans la région métropolitaine, les bus de raccordement sont gérés dans la zone locale. Étant donné que la taille

1. Il est décédé en 2010, à l'âge de 83 ans.*(NdT)*

du bus est plus petite, la fenêtre d'innovation est plus grande. Ce système apporte l'ingénierie pratique avec des compétences qui n'étaient disponibles dans aucune école traditionnelle (concentrée sur les bus existants, de grande taille et en grand nombre). C'est donc aussi une opportunité de lancer une nouvelle plate-forme académique. Alors que d'autres poursuivent les technologies de l'information et de la communication, les nanotechnologies, les capteurs sophistiqués et les biotechnologies, cette nouvelle science s'appuie sur des expériences pratiques, regroupant des dizaines de projets de croissance inclusifs. Cela garantit que ce laboratoire vivant de croissance inclusive apporte tous les avantages possibles à la communauté, y compris l'apprentissage.

### Culture et éducation

Pour créer une communauté, il faut plus que l'eau, la nourriture, le logement, l'énergie, la mobilité et le travail. L'une des activités les plus prolifiques est l'art, basé sur la culture et la tradition. Cela doit faire partie d'un développement économique local puisque cela s'appuie sur les compétences que les gens ont depuis des générations. Peut-être que certains ne savent pas lire ni écrire, mais au cours des siècles ils ont acquis la connaissance et la sagesse de leurs ancêtres. Il est donc essentiel que la communauté émergente bénéficie du respect et de l'appréciation de la diversité qui caractérise les activités humaines. Malheureusement, dans un passé récent, la culture a trop souvent été considérée comme une dépense non prioritaire. Le modèle de croissance inclusive la voit, au contraire, comme une

opportunité de génération de revenus, d'emplois et de célébration de la communauté.

Les arts traditionnels du monde entier, la musique et la danse sont reconnus à l'échelle internationale. Cependant, tout comme la Nature a été considérée comme menacée, et a donc dû être protégée, la culture est également menacée, et donc elle doit être subventionnée et protégée. La protection coûte de l'argent et sera donc confrontée à de nombreux obstacles pour réussir. Il est important d'aller au-delà de la préservation pour entreprendre une promotion active des arts, grâce à la création de classes où des enseignants, inspirés par le système d'apprentissage allemand qui réussit à identifier les capacités innées d'un enfant dès son plus jeune âge, proposent la bonne formation technique au lieu de forcer à poursuivre un parcours académique inadapté. L'exposition aux arts et à l'artisanat renforce les esprits créatifs, pratiques et techniques qui peuvent y trouver leur vocation.

Cette réflexion sur la culture et les arts porte l'éducation à l'avant-garde. Toute communauté souhaitant avoir un avenir meilleur pour les prochaines générations n'a pas besoin d'écoles où les enfants apprennent à mémoriser ce que le professeur sait déjà. Ces communautés ont besoin d'un environnement où l'apprentissage des enfants leur permet d'envisager comment faire mieux que leurs parents et de croire en leur réussite. Si les jeunes ont cette attitude, ces communautés se développeront. Si les écoles émergent dans un environnement qui offre une nouvelle approche de la conception et du développement urbain, et met en œuvre une large gamme de modèles commerciaux novateurs qui répondent aux besoins et développent l'économie dont les enfants sont témoins au cours de leur adolescence,

alors ce laboratoire vivant représente une base idéale pour une plate-forme éducative. Cet environnement d'apprentissage répondra non seulement aux besoins de la communauté locale, mais attirera aussi des étudiants nationaux et internationaux, du lycée à l'université.

Dès que les parents disposent de ressources financières supplémentaires, les dépenses consacrées à l'éducation sont l'un des budgets qui augmentent le plus rapidement, de l'apprentissage de l'anglais (la matière concentrant le plus d'investissement dans le monde aujourd'hui) aux sciences. Beaucoup de parents savent très bien que ne pas entrer à l'école, ou ne pas terminer l'école est l'un des moyens les plus prévisibles de rester dans la pauvreté, issue encore plus probable dans le cas d'une grossesse à l'adolescence... Le fait de ne pas avoir obtenu un diplôme d'études secondaires et d'avoir une famille monoparentale garantit presque certainement que la prochaine génération restera aussi pauvre. Les parents qui ont traversé ces épreuves sont souvent les plus enclins à veiller à ce que leurs enfants ne tombent pas dans les mêmes pièges. Par conséquent, il est essentiel que ces derniers ressentent les progrès et imaginent leur avenir.

Les jeunes ont besoin de défis et doivent être inspirés. C'est pourquoi la croissance inclusive, avec tous ces nouveaux modèles, fournit un environnement d'apprentissage qui leur permet d'imaginer plus que ce que les parents et les enseignants connaissent. Cela commence par la conception de l'école elle-même. La plupart des établissements d'enseignement sont conçus pour répondre à des contraintes budgétaires. Depuis le début des années 1960, Anders Nyquist conçoit des bâtiments hautement écologiques et fonctionnels. Il a appliqué sa science, son expérience et sa sagesse dans

les écoles, pour s'assurer que les enfants évoluent dans un environnement sain et stimulant. Cela peut coûter plus cher en capital et en matériaux de construction, mais c'est toujours moins cher en dépenses opérationnelles. Le plus grand bénéfice est que des enfants en bonne santé étudieront mieux. Et, là encore, les résultats locaux entretiennent le système (des filtres naturels pour assainir l'air poussant sur la *terra preita* produite par les couches des petits frères et sœurs, etc.). Il a été démontré que, lorsque les innovations sont partout, elles se transforment en mode de vie. Les enfants vont d'abord inspirer leurs parents, changer leur comportement et se baser sur des solutions testées à l'école.

La composante essentielle est financière. Il ne s'agit pas de coût, mais de valeur. Imaginons une école ou un réseau d'écoles où les enfants sont connus pour être en meilleure santé et obtenir de meilleurs résultats académiques qu'ailleurs. Imaginons aussi que les critères d'admission soient le lieu de résidence. Que feront les parents ? Ils voudront habiter à proximité immédiate d'une telle école pour garantir un accès à leur enfant ! La valeur foncière de la propriété dans la zone augmentera. Lorsque les actifs augmentent, les personnes qui vivent dans ce quartier deviennent plus riches – pas seulement grâce à leur travail ou leur prêt hypothécaire. Elles peuvent profiter d'un atout qui représente leur investissement dans la vie, ce qui signifie une croissance économique locale et économique. Les frais de scolarité sont locaux, les gains en capital sont locaux, la communauté a la chance de passer de la discrimination à l'inclusion et le taux de rendement du capital est dépassé par le taux de croissance sociale, écologique et économique… ceci grâce à une meilleure éducation ?

Cette vision se transforme en réalité lorsque le développement immobilier vise à atteindre une croissance inclusive, à créer des actifs qui, en une génération, éloignent les gens de la pauvreté. Il faut quelques années aux spéculateurs fonciers pour réaliser 500 fois l'investissement. Il faut une génération de croissance à deux chiffres déployant ces fonds pour relever une société tout en offrant aux investisseurs un retour sur investissement solide.

# 16

# Sortir de l'impasse

La prévisibilité, souvent vue comme un facteur de succès dans une activité économique, peut en définitive mettre de véritables œillères et empêcher de voir les ramifications de nos actions. L'adhérence stricte au cœur de compétences et la confiance dans des modèles linéaires conduisent à une situation où l'on cherche toujours à économiser davantage, tout en exigeant plus de transport et d'énergie. Les chaînes logistiques courtes et le « juste-à-temps » créent une économie interdépendante qui propose au client final toujours plus de produits, toujours moins chers, en externalisant ses coûts. Le libre-échange à l'échelle du globe est vu comme le moteur de la croissance. Expédier des gâteaux dans des films protecteurs, envoyer par avion des chocolats congelés ou remplir des citernes de jus d'orange ne sont que les excès de cette logique. Mais cela ne permettra jamais à la génération suivante de déguster des gâteaux ou de boire des jus d'orange. Au contraire, ce n'est que la recette pour le chômage ici et la pauvreté ailleurs.

Normalement, les aliments de saison procurent les nutriments dont on a besoin à ce moment-là de l'année. En automne, les Indiens d'Amérique du Nord mangent

du huitlacoche, un champignon s'apparentant à la truffe qui pousse sur le maïs et qui a la propriété de « booster » leur système immunitaire à l'aube de la saison froide. Le huitlacoche est désormais un produit de luxe que l'on consomme toute l'année, même lorsque ses effets bénéfiques sont absents. Nos habitudes et nos estomacs dépendent des responsables marketing et des médias. C'est la base du marketing enseigné par Philip Kotler : « Fournir au consommateur ce qu'il veut. ». Il est peut-être judicieux de reconsidérer attentivement nos désirs véritables. Une stimulation excessive de la demande pour des produits répondant à des désirs mais qui ignore les besoins fondamentaux crée une augmentation linéaire de la ponction du revenu disponible. Nous ne voyons pas que c'est un système insupportable qui court à sa propre perte. C'est un chemin qui mène à un monde noyé sous les émissions de carbone, qui détruit la biodiversité, qui privilégie les matières premières non renouvelables et la dépendance aux produits chimiques. Ce que nous avons est peut-être ce que l'on pouvait imaginer de mieux, mais nous devons imaginer mieux encore !

## Curieux cheminement

Dans ce livre nous présentons les inspirations les plus brillantes que la Nature nous offre pour sortir de l'actuelle impasse économique et écologique. Nous avons exploré et comparé des modèles existants, nous avons examiné le potentiel de certaines solutions. Nous avons considéré les relations et les interconnexions entre différentes approches. À chaque fois, nous avons découvert des réservoirs d'emplois considérables, tout

en augmentant la disponibilité des matériaux et la productivité. C'est assez remarquable car, jusqu'à présent, nous vivions dans la croyance que l'augmentation de la productivité s'accompagnait de la destruction d'emplois. La cascade d'énergie et de nutriments entre les cinq règnes biologiques permet la production de tout ce dont l'homme a besoin. Lorsqu'on se concentre sur la maximisation d'une production spécifique on génère la pénurie à moyen-terme et l'appauvrissement à long-terme.

Tous les membres d'un écosystème y apportent leur contribution selon leurs moyens et capacités, fussent-ils modestes. Le système évolue dans son ensemble et, en cas de crise, chacun s'adapte. Dans la Nature aucune espèce ne peut rester au-dessus des autres trop longtemps, mais aucune espèce ne peut non plus être exclue du système. Il n'y a pas de leaders ou d'ultra-dominants. Il y a toujours de la place pour les petits contributeurs. Un arbre de 10 mètres de haut ne décide pas de pousser jusqu'à 100 mètres. Quand bien même il y parviendrait, les forces physiques le détruiraient. Les entreprises croient en la stratégie du plus bas coût marginal, partant de l'hypothèse que la production d'une unité supplémentaire sera toujours moins chère, et cherchent à accroître leurs parts de marché. La « croissance » motivée par ces considérations entraîne des dommages collatéraux non désirés et finit par bloquer l'économie.

À l'opposé, les écosystèmes bénéficient en permanence d'un renouvellement de l'énergie et de la nourriture. Ce flux ininterrompu a renforcé la vie et son pouvoir d'adaptation. En cas de pénurie, les espèces s'adaptent en devenant plus frugales et parcimonieuses. En cas d'abondance certaines espèces prolifèrent ou de nouvelles émergent. La gestion des déchets est le

transfert d'un produit valorisable à une autre espèce qui saura le valoriser. Les feuilles d'un arbre deviennent les nutriments pour les bactéries, les fourmis et les vers, dont les excréments deviennent à leur tour les nutriments de l'arbre.

Les systèmes naturels ont une approche différente de la chimie. Premièrement, le solvant de choix est l'eau (un solvant presque sans conséquences négatives, à la différence de tous ceux que nous avons inventés). Deuxièmement, les liens intramoléculaires sont principalement non-covalents (c'est-à-dire qu'ils sont faciles à casser). Ils se dégradent et permettent la réutilisation des molécules par d'autres. C'est cette capacité à se dégrader, se séparer et se recombiner qui favorise l'efficacité globale du système. Pour tisser une toile solide, l'araignée reconditionne les acides aminés d'une précédente toile.

Les modèles non linéaires sont souvent décrits comme des facteurs de chaos ; mais, dans la Nature, presque tout suit un modèle non linéaire. Dans son livre *La Nouvelle Alliance*, le prix Nobel de chimie 1977 Ilya Prigogine décrit ces relations comme étant des structures dissipatives, c'est-à-dire des systèmes qui opèrent dans un environnement où s'échangent l'énergie et la matière. Nous voulons tout faire tenir dans des lignes droites et des angles à 90 °, et c'est ce qui rend tout ce que nous fabriquons si inefficace d'un point de vue énergétique (consommation ou production). La Nature nous démontre tous les jours que, si la plus courte distance entre deux points est bien la ligne droite, la route la plus rapide et la plus rationnelle suit les tourbillons d'un vortex.

En ajustant nos systèmes de production et de consommation aux lois naturelles, nous devons accueillir les

conséquences d'un modèle non linéaire. Cela ne veut pas dire que tout est imprévisible, la physique continue de s'appliquer. Cela veut seulement dire que nous devons apercevoir les interactions et les connexions cachées permettant d'obtenir des résultats multiples au départ d'une initiative. C'est ce que font les termites pour maintenir la température *et* l'humidité en creusant des tunnels. La conséquence ultime de ces relations complexes et de ces interactions apparemment chaotiques est que les termites ne manquent jamais de nourriture puisque les champignons qu'ils consomment se développent dans cet environnement. Mettre à profit ce qui est disponible permet aux termites de se créer un environnement autonome qui maintient en température des racines sur lesquelles poussent des plantes dont les feuilles, une fois mastiquées, favorisent les développement des champignons que les termites utilisent pour concevoir une termitière qui maintient en température des racines sur lesquelles, etc.

Il nous reste à mieux comprendre la symbiose, c'est-à-dire la recherche d'un même but par les différentes espèces. La renaissance de Las Gaviotas a été rendue possible par la symbiose entre les pins et les champignons mycorrhizaux. La Nature ne raisonne pas en cash-flow. Nous restons obsédés par la monétarisation de tout (y compris des ressources naturelles), alors que la Nature pense flux de revenus mesurés en protéines, eau douce, systèmes immunitaires et apports énergétiques. La Nature recherche l'amélioration par l'intégration et le réinvestissement des différents bénéfices. Ces synergies produisent des bénéfices communs et partageables entre tous tels que des sources abondantes et gratuites d'air pur et d'eaux propres. Il faudrait que les entrepreneurs tiennent compte, dans leurs *business*

*plans*, de résultats qui font avancer la société. Peut-être faut-il, comme au Bhoutan, suivre l'index de bonheur national plutôt que le produit intérieur brut.

Le modèle économique linéaire préconise de donner une valeur marchande à toutes choses en calculant les coûts de production et les frais généraux ; les centres de coûts deviennent des centres de profits qui créent une compétition interne et conduisent à la sous-traitance. Tous ces calculs résultent d'une logique de consolidation (additionner tout et essayer d'éliminer les doublons). Cela ne révèle aucune synergie, ni rétro-alimentation entre les différentes divisions d'une entreprise, ni ne met en avant ce qui est partagé gratuitement (gratuitement, donc sans valeur !). Cela ne révèle pas non plus les opportunités perdues, impossibles à considérer car ne faisant pas partie de l'activité principale, comme des logements sociaux en bambou ou du papier provenant de déchets de pierres. Le changement climatique se produit sans qu'une compréhension réelle de l'urgence d'entreprendre des mesures correctives n'émerge. Il y a une déconnexion entre les informations disponibles – confirmant l'augmentation spectaculaire de la température et du niveau de la mer – et notre stratégie pour négocier un accord global en employant des avocats qui discutent quelques mots et des décimales en s'assurant que personne ne s'engage à rien. Et cela a duré plus de vingt-cinq ans ? On ne peut plus s'attendre à un leadership politique à l'échelle mondiale.

Dans la vie des affaires, les sociétés choisissent de maximiser les profits et de gagner des parts de marché sans se soucier du coût social pour la communauté. Les industriels et les responsables politiques ne considèrent jamais le plein emploi comme une option viable. Alors que les géants mondiaux du café instantané pourraient

générer des revenus additionnels d'au moins 6 milliards de dollars en créant au minimum cent mille emplois et en produisant des millions de tonnes de nourriture sans cholestérol ni acides gras, ils préfèrent brûler tous les déchets pour récupérer de l'énergie. Dans le passé, nous avons condamné les entreprises qui faisaient le mal, dans l'avenir, nous condamnerons les entreprises pour avoir refusé de faire du bien.

La Nature, au contraire, s'attache à utiliser tout et tout le monde ; aucun n'est considéré comme trop vieux ou trop jeune. Là où les écosystèmes recherchent l'innovation, la collaboration, la patience et la persévérance, le système actuel est insensible aux changements (sauf s'ils bénéficient à ceux qui possèdent déjà tout). Les géants industriels, avec leurs processus de production rationalisés et leurs chaînes de distribution rôdées, résisteront toujours à des changements qui mettent une pression externe aux procédés internes bien en place, aux flux financiers établis et aux bonus de fin d'année. On a tendance à oublier que les espèces vivantes et les écosystèmes ont dû faire face à de nombreuses calamités et ont dû s'adapter à de nouvelles conditions. C'est ce que nous devons faire également, face aux émissions de dioxyde de carbone et des autres gaz à effet de serre. Isoler le problème du carbone du reste du système, c'est prendre le risque de sur-réagir. Récolter du $CO_2$ pour aider à la production de micro-algues est pourtant une brillante solution offrant de nombreux bénéfices à commencer par la récolte continue de gaz carbonique pour des photo-bioraffineries produisant des polymères naturels (sans acides sulfuriques). Mais si on ne considère le $CO_2$ que sous l'angle des problèmes qu'il pose, on prend le risque de présenter des solutions pour l'éliminer (comme son immersion dans l'océan,

ou l'adoption de l'énergie nucléaire). Ces solutions onéreuses ne se justifient que lorsqu'on se concentre sur un seul sujet, avec des objectifs simplistes de réduction des émissions. Agir ainsi, c'est éliminer d'autres options et ne pas évaluer les risques. C'est souvent choisir une solution rapide dont on ne mesure pas les risques potentiels.

Dans un modèle évolutif les changements sont bien accueillis et la flexibilité est recherchée. Un système naturel limite toujours les risques inhérents à tout changement en suivant un axiome simple : toujours chercher à réduire les besoins en énergie et en matière afin que tous puissent en bénéficier le plus longtemps possible. Cela les rend résilients. Les communautés flexibles et les écosystèmes le sont. Notre monde a tellement de règles, de dogmes, de réglementations et d'interdits que nous avons perdu la résilience. Mais en nous appuyant sur une centaine d'innovations inspirées de la Nature, nous pensons qu'il est possible de créer cent millions de nouveaux emplois dans la prochaine décennie. Ces dernières années, nous avons parfois été la mouche du coche, parfois le chef d'orchestre, parfois le bulldozer chargé d'aplanir le sol et, souvent, le passeur d'inspirations et d'expériences partagées ailleurs. Inspirons-nous de la créativité et de la détermination de ces entrepreneurs qui, partout dans le monde, cherchent à construire une nouvelle économie. Changeons nos priorités et regardons en détail le merveilleux ouvrage de la Nature pour passer de la capacité à la compétence, pour raisonner en globalité et pour créer une économie bleue.

# 17

# S'engager pour le meilleur

Anders Wijkman, membre de l'Académie royale suédoise des sciences, activiste de l'environnement et député européen pendant une décennie, a posé la question suivante : « Est-ce que je devrais m'opposer à toute forme d'OGM ? » En réalité, l'approche fondamentalement positive qui caractérise l'économie bleue, pour trouver des solutions aux principaux défis auxquels est confrontée l'humanité, commence toujours par chercher les meilleures façons de créer une société compétitive, durable, saine et heureuse. Bien que scientifiques, politiciens et chefs d'entreprise aient pu trouver et implémenter, par le passé, des solutions sociales et technologiques très intéressantes, nous pouvons toujours faire mieux, voire beaucoup mieux. Ainsi, le message clé est le suivant : avant de décider si vous êtes « pour ou contre », recherchez d'abord ce qui est « bien meilleur ».

Dans notre quête pour réaliser une société capable de répondre aux besoins élémentaires en eau, nourriture, santé, logement et énergie pour tous, nous ne pouvons laisser passer aucune occasion sans la tester simplement parce que nous ne l'aimons pas. Nous devons regarder la réalité en face, en allant au-delà de ce qui

est bon et de ce qui est mauvais, en allant au-delà de ce qui est conforme à nos dogmes et de ce qui ne l'est pas. Nous devons nous demander : est-ce qu'il y a vraiment mieux ? Souvent, nous trouvons des solutions qui paraissent être les meilleures à un moment donné, sans nous rendre compte de prime abord des conséquences involontaires de cette course impatiente vers des solutions rapides.

Je ne connais que trop bien ce dilemme. Au début des années 1990, j'ai fait l'effort d'encourager des savons biodégradables, rivalisant avec les leaders du marché sans faire de la publicité, en distribuant un produit écologique fabriqué dans une usine écologique, avec pour seul résultat de me rendre compte que ce succès avait fait exploser la demande en huile de palme, ce qui allait conduire, au cours de la décennie suivante, à la destruction de 2,5 million d'hectares de forêt tropicale et, par conséquent, à la disparition d'une majeure partie de l'habitat de l'orang-outan. Étais-je responsable de la destruction de la forêt tropicale parce que je voulais contribuer à nettoyer les rivières en Europe ? C'est seulement alors que je me suis rendu compte que la biodégradabilité – même avec les meilleures intentions – n'a souvent rien à voir avec le développement durable. Comment me targuer de nettoyer les rivières européennes, si cela implique la destruction de l'habitat de primates ?

Je me suis rendu compte de la difficulté extrême qu'il y a à regarder le système comme un tout, à ne pas poursuivre un seul objectif à la fois. Lorsque que nous nous concentrons seulement sur un problème et trouvons une solution rapide, ce genre de conséquence involontaire est probable. Ça prend des années, parfois des décennies, pour se rendre compte des effets contraires de ce que nous faisons, et c'est souvent trop

tard. Si nous décidons d'ignorer l'impact négatif et les effets secondaires de nos actions hâtives, et que nous n'améliorons pas drastiquement notre approche, alors nous causons (sciemment) des dommages collatéraux. C'est une stratégie sur laquelle l'armée peut fermer les yeux, mais qui ne peut pas être cautionnée par la société civile. Nous devons faire de la place pour regarder la dure réalité avec les yeux d'un enfant, pour observer sans idées préconçues toutes les ramifications des défis auxquels nous faisons face. Étudions les options à notre disposition, utilisons nos connaissances scientifiques au mieux de nos capacités et concevons un modèle permettant de faire progresser la vie sur Terre.

C'est ainsi que je continue la fabrication de savon et de détergents aujourd'hui. Le réseau des fondations ZERI, des organisations Blue Economy et moi-même, nous encourageons activement l'extraction de d-limonène à partir de pelures de citron (en plus de la production de pectine), qui est peut être l'un des produits de nettoyage les plus efficaces, compétitifs et durables. C'est convertir les déchets de l'industrie du jus de fruits en agents de nettoyage qui dépassent les dérivés de l'huile de palme, à partir des ressources disponibles. Les déchets des peaux après extraction des principes actifs peuvent servir d'alimentation animale. Au lieu de causer des dégâts à la forêt tropicale ou de se limiter à gérer les déchets, nous pouvons produire trois sources de revenus et doubler le nombre d'emplois. C'est ça, l'économie bleue. Je reconnais que le d-limonène peut être la meilleure option aujourd'hui. Par la suite, des améliorations, même des améliorations radicales, peuvent toujours émerger. C'est le chemin de l'évolution, améliorer la compétitivité. Au moins, il n'y a plus besoin de détruire des forêts tropicales.

Après avoir considéré toutes les options possibles, j'encourage des entreprises du Japon aux États-Unis, de l'Argentine à l'Afrique du Sud, à embrasser cette « meilleure » solution. Pourquoi continuer à utiliser savons et détergents à l'huile de palme alors qu'il y a des ressources certifiées durables ? Est-ce que quelqu'un peut m'expliquer comment une monoculture peut être considérée comme durable ? Est-ce que quelqu'un peut m'expliquer, pourquoi, alors que 80 % de l'agriculture est à petite échelle, nous devons croire que la monoculture massive de soja, blé et maïs génétiquement modifiés pour nourrir des animaux élevés juste pour leur viande peut être certifiée durable ? Pourra-t-elle restaurer les écosystèmes ?

C'est dans ce contexte et avec une approche fondamentalement positive que j'ai répondu à la question d'Anders au sujet des OGM, sur la base de mon expérience d'entrepreneur et d'innovateur engagé à obtenir de meilleurs résultats et plus vite, déterminé à renforcer les solutions, et respectant ce but simple : répondre aux besoins de base de tous avec ce dont nous disposons, en naviguant entre le connu et l'inconnu, toujours préparé à prendre le risque de faire beaucoup mieux que ce que nous avons été capables de faire.

La première question à laquelle nous devons répondre est : quel est le but des OGM ? Si c'est de rendre les récoltes résistantes à la sécheresse, alors la question devient : pourquoi voulez-vous planter une culture qui a besoin de beaucoup d'eau dans une région qui n'en a pas ? Et, si le changement climatique est la cause de cette sécheresse (une excuse facile, ces jours-ci), pourquoi ne nous tournons-nous pas vers des récoltes qui peuvent pousser dans ces conditions environnementales ?

**Avons-nous cinq choix, ou bien mille ?**

Bien sûr, si les choix de récoltes sont limités à cinq variétés (blé, riz, maïs, soja et palme) plantées en monoculture sur de vastes zones, et si nous avons abandonné toutes les autres (des milliers de variétés éprouvées localement)... alors nous n'avons plus qu'une option : modifier génétiquement ces récoltes pour qu'elles résistent à la sécheresse. En revanche, dans ce monde de biodiversité, si nous cherchions les meilleures graines, le résultat de millions d'années d'adaptation, alors nous pourrions choisir la meilleure option disponible aisément et éprouvée pour fonctionner, sans conséquence involontaire potentielle. Nous pouvons planter immédiatement ces graines sans devoir entreprendre de recherches supplémentaires, en économisant l'argent qui est actuellement dépensé pour les approbations, les campagnes publicitaires et les lobbyistes qui essayent d'obtenir que ces graines, résistantes à la sécheresse, soient approuvées par les autorités politiques, en prétendant que c'est de cette façon que nous allons résoudre le problème de la faim dans le monde.

Une analyse rapide des banques de graines existantes confirme qu'il y a des centaines de biotes disponibles à toute latitude ou altitude et qui ont fait leurs preuves en matière de résistance à la sécheresse. Or, le contre-argument avancé est que le « produit traditionnel » ne pourra pas apporter suffisamment pour nourrir la planète. Est-ce vrai ? On nous fait croire que seules ces cinq cultures principales et les OGM, combinés à des cocktails chimiques (à cause de ces OGM), nous sauveront de la famine et de la sous-alimentation. Analysons un peu cette logique.

Si nous consommons seulement une fraction de ce qui est produit (0,1 % du thé, 0,2 % du café, 17 % de la canne à sucre ou 20 % d'un arbre destiné à fabriquer du papier) et que le reste génère du méthane, est laissé à pourrir, brûlé ou enfoui dans le sol, alors, c'est vrai, nous ne produirons jamais assez. Ainsi, si nous comptons sur quelques monocultures dont nous n'extrayons qu'un ingrédient consommable, nous établissons la pauvreté et la faim comme des phénomènes durables. Je doute que l'appétit d'une population mondiale grandissante permette jamais la sécurité alimentaire pour tous, même avec une utilisation répandue des OGM. La création de cette pénurie permanente est peut-être ce dont les fournisseurs d'OGM ont besoin pour justifier leur argumentaire favori : qu'ils apaisent la faim dans le monde.

Les monocultures, l'irrigation, la sélection des graines et les engrais ont indéniablement poussé à des récoltes spécifiques. Cependant, cette approche a perdu de vue des occasions fantastiques au-delà du blé et du riz. Nous devrions cascader nos ressources agricoles, exactement comme le font les écosystèmes naturels. En fait, les êtres humains sont la seule espèce qui gaspille des millions de tonnes de déchets. Ainsi, au lieu de faire face au risque permanent de famine, nous pouvons surmonter le concept de pénurie et prévoir la suffisance, voire rêver d'abondance, en combinant des techniques éprouvées de cultures intégrées avec le meilleur de l'agriculture moderne.

Si nous faisons évoluer l'agriculture vers un système de production et de consommation qui utilise toutes les ressources disponibles – par exemple en commençant à cultiver des champignons sur des déchets de café ou de thé comme cela est pratiqué en Afrique

et en Amérique latine, ou sur la paille de riz selon la tradition chinoise –, nous produirons, sur les plantations aujourd'hui uniquement dédiées aux cultures d'exportation, 100 fois plus d'acides aminés pour la consommation humaine. Aucun OGM, aucun plan d'irrigation ne peut s'approcher de cette performance qui, elle, est prouvée. Et si nous parvenons à restaurer les écosystèmes marins, et les forêts de macro-algues, alors nous serons capables de subvenir aux besoins de base de toute la population, ce avec grâce aux ressources disponibles autour de nous.

## Brûlez-les, mangez-les ou construisez avec

Jadis au Caire, les déchets agricoles de paille de riz étaient utilisés comme matériaux de construction. Quand le béton et le ciment ont commencé à être utilisés, Le Caire a dû faire face à une pollution de l'air intolérable due à l'incinération de l'excès des pailles de riz. La « meilleure » option proposée fut de modifier génétiquement le riz pour obtenir des « variétés à paille courte ». Qui pouvait s'opposer à la réduction des maladies respiratoires causées par l'incinération incontrôlée de déchets agricoles ?

Cependant, dans une mégalopole très étendue comme Le Caire, pourquoi l'option de produire plus de nourriture ne fut-elle pas retenue ? La culture de champignons sur paille dans une région urbaine crée emplois et revenus, et convertit des déchets en nourriture, tout en éliminant la contamination de l'air. C'est maintenant une réalité dans seize pays. Est-ce que l'excuse fut que les Égyptiens ne mangent pas de champignons ? Ils n'avaient jamais mangé non plus des hamburgers, et

pourtant les hamburgers bon marché font rage, actuellement. N'y a-t-il pas un défaut dans notre logique économique ?

La mentalité qui nous mène vers les OGM est la création de la pénurie. L'allocation efficace de ressources rares fournit un justificatif aux (bonnes) affaires. Malheureusement, ces cinquante dernières années, le monde des affaires a été réduit au cœur de métier défendu par les compétences clés. Combien de fois ai-je entendu que, telle ou telle multinationale n'étant pas présente sur le marché des champignons, cette option de convertir l'agro-gaspillage en nourriture (« Quoique que très louable et même compétitive, mon cher ») ne peut en conséquence même pas être envisagée ? Si nous sommes préparés à accepter les cultures intégrées, en cascadant des éléments nutritifs dans les champs ou à l'intérieur des villes, au lieu de nous concentrer sur l'une et abandonner le reste, alors nous pouvons produire de la nourriture même sur de la terre sèche ou dans les jungles urbaines de béton. Nous pourrions alors avoir mille autres sources de protéines végétales connues au monde et cinq mille variétés de champignons comestibles qui, combinées, pourraient un jour produire plus que nous ne pourrons en manger ! Si tous les déchets de café étaient utilisés pour cultiver des champignons, nous produirions 16 millions de tonnes supplémentaires de nourriture en utilisant ce qui est disponible aujourd'hui ! Imaginez le potentiel si nous y ajoutons le thé, la paille, les épis et les résidus de taille des vergers. Cela peut dépasser le seuil des 100 millions de tonnes, le tout en évitant d'avoir recours à la pêche et à la pisciculture.

Pour bien fixer les idées, je vous propose un autre exemple qui aidera à clarifier mon approche pour

trouver la meilleure solution et bâtir un cadre d'évaluation de la contribution potentielle des OGM à un monde durable, sain et heureux.

## Toujours en faveur du meilleur

Souvenons-nous, au début du nouveau millénaire, du lancement du « riz doré » (Golden Rice ou *oryza sativa*). Ce riz OGM a été annoncé comme une solution définitive dans la lutte contre la cécité, comme une grande contribution de la science. C'est probablement une des raisons majeures qui fait que de nombreuses personnes se demandent si elles sont opposées à toutes les formes d'OGM. Si le but est de protéger des enfants contre la cécité, modifions génétiquement le riz pour inclure du bêta-carotène dans les grains de riz. Comment quelqu'un pourrait-il jamais s'opposer à ce choix ? Mais nous ne devrions pas former notre opinion sur ce qui est bon ou ce qui est mauvais, nous devrions choisir la meilleure option possible, avec le moins de risques, les résultats les plus rapides, en nous appuyant sur la compréhension de toutes les conséquences involontaires possibles. Confrontés à un défi sociétal aussi important que la cécité, nous devrions d'abord nous demander pourquoi celle-ci augmente. Rapidement, nous nous rendrons compte qu'il y a une pénurie de bêta-carotène... C'est évident ! Mais est-ce une raison suffisante pour se précipiter à modifier génétiquement le riz afin d'y inclure du bêta-carotène ? Réfléchissons à une question corollaire : pourquoi y a-t-il une pénurie de bêta-carotène dans la chaîne alimentaire du riz ? En étudiant les écosystèmes, nous pouvons remarquer qu'il y a presque toujours, autour des rizières, des micro-algues,

y compris des procaryotes (les algues bleu-vert). C'est l'une des premières formes de vie à avoir émergé sur la Terre. Présentes depuis plus d'un milliard d'années, elles ont survécu à toutes les calamités. Les micro-algues sont connues comme productrices de bêta-carotène et de nombreux autres éléments nutritifs. Que leur est-il donc arrivé autour des rizières ? Habituellement une écume se forme sur l'eau des rizières irriguées ; or, pour augmenter la productivité de la culture du riz, on a utilisé des produits chimiques qui ont enlevé cette écume... riche en micro-algues et très riche en bêta-carotène ! Dans des temps anciens, les fermiers chinois, vietnamiens, laotiens et cambodgiens mettaient des crevettes et même des carpes dans les rizières. Ces espèces dévoraient les algues riches en bêta-carotène et fixaient celui-ci dans la chaîne alimentaire afin que les gens puissent en avoir suffisamment, en utilisant de façon naturelle toutes les ressources disponibles. Ce système traditionnel de culture du riz n'a pas une productivité aussi élevée que celle d'une monoculture, mais il produit plus d'éléments nutritifs, en fournissant la sécurité alimentaire et même en offrant les défenses nécessaires contre des maladies comme la cécité. Ce système agricole fournit plus de revenus disponibles, puisque tous les besoins de base peuvent être couverts localement. En revanche, les récoltes pour l'exportation poussent au rendement, pour un revenu qui fluctue avec les cours du marché mondial.

Notre système fermier « moderne » du riz, qui se focalise sur la maximisation de la quantité de riz, a éliminé le bêta-carotène (et beaucoup plus) de la chaîne ! Dans notre course pour augmenter la production d'un seul composant, le riz, nous avons diminué la culture naturelle de tous les acides aminés essentiels et des

microéléments nutritifs que le riz seul ne peut pas fournir. Comment pouvons-nous accepter que la solution à la cécité soit la manipulation génétique ? Si nous voulons vraiment combattre la cécité, et si c'est notre but sincère, alors cultivons du riz, laissons l'écume se former sur l'eau, utilisons-la pour nourrir canards, crustacés et poissons. Nous aurons alors un apport équilibré de protéines et, de nouveau, une source de bêta-carotène. Comme notre recherche le démontre, ce système d'agriculture intégrée produit plus d'éléments nutritifs que ce que la culture intensive du riz pourra jamais accomplir. Nous n'allons pas remplacer la famine par la cécité, comme certains partisans des OGM veulent nous le faire croire.

De plus, le riz doré ne résout aucune autre problématique que la cécité. Au contraire, les OGM perpétuent la non-durabilité dans l'agriculture, tant au niveau de la production (trop d'apports qui épuisent les couches supérieures du sol) que de la consommation (trop de nourriture de mauvaise qualité). Comment est-il possible que Syngenta, la société suisse qui inventa le riz doré, ait pu bénéficier d'un brevet exclusif (jusqu'à 2012) pour exploiter avec profit la vente du riz « anti cécité » ? Si le but est de gagner de l'argent et de maximiser le retour pour les actionnaires, alors cela devrait être clairement indiqué lors des campagnes de lutte contre la cécité.

Les solutions pour contrer la carence en bêta-carotène dans notre alimentation peuvent aussi tout simplement passer par la consommation d'une carotte par jour. Les carottes sont parmi les plantes les plus généreuses pour la vie. Facile à planter et facile à récolter, encore meilleure crue que cuite, une carotte fournit plus que ce que des ingénieurs pourront jamais injecter dans des gènes

et produit jusqu'à sept cent mille graines par carotte. Comment avons-nous pu nous détourner d'une solution aussi généreuse en nourriture et semences, naturelle qui plus est ? Quand on plante une carotte, on peut en récolter une botte la saison suivante. Mais si vous laissez simplement pousser cette botte, alors la saison suivante cette carotte aura produit presque un million de graines. Est-ce que nous pouvons vraiment croire que les OGM sont la façon d'éliminer la cécité ?

Nous ne disons pas que le business est une mauvaise chose. Nous devons nous demander constamment : y a-t-il une meilleure option ? Et la conclusion, dans ce cas, est qu'en effet il y en a une bien meilleure ! Cette meilleure solution corrige nos défauts sans laisser le monde affamé. Le temps est venu de cesser de rafistoler les problèmes avec des solutions rapides et de commencer à mettre en place des solutions durables évolutives dans le temps, en utilisant ce qui est déjà disponible en *open source*.

Au Brésil, nous avons calculé que la quantité de bêta-carotène qui peut être produite naturellement par l'écosystème chaque année est 40 fois plus élevée que ce qui pourrait jamais être obtenu par la manipulation génétique du riz. Cela peut être accompli à un coût inférieur. Il ne s'agit donc pas d'être contre le riz doré ou les OGM, mais de répondre à la question : qu'est-ce qui est mieux pour atteindre un objectif ? Si le but est de combattre la cécité à cause d'une pénurie de bêta-carotène, alors le riz doré est une option médiocre. Pire, c'est une option chère et plutôt inefficace comparée aux techniques d'agriculture intégrées dont le fonctionnement est éprouvé. Nous devrions alors poser la question suivante : est-ce qu'au moins les agriculteurs gagnent plus d'argent en éradiquant la

cécité ? Ou bien est-ce que cette graine de riz coûte plus cher et augmente uniquement le profit du fournisseur ?

La société qui a développé le riz doré a demandé le soutien des Nations unies et l'obtention d'une licence d'exploitation exclusive. Est-il éthique qu'une société utilise un brevet exclusif pour tirer profit de l'éradication de la cécité, surtout si l'entreprise en question sollicite des subventions et des avantages fiscaux pour garantir un bénéfice minimum ? Est-il éthique de soutenir la modification génétique quand nous savons qu'il y a des solutions bien meilleures, plus rapides, pratiques et mesurables ? Si l'ONU paie, ou si les gouvernements compensent la différence de coûts, alors c'est l'argent des impôts qui paie la note ! Je suis fondamentalement contre l'utilisation de l'argent du contribuable pour garantir une marge bénéficiaire ou subventionner des programmes de recherches qui ne résolvent pas les problèmes mais se limitent à mettre des pansements sur les défis de notre temps.

Jusqu'à ce jour, pour chaque cas qui m'a été posé pour justifier l'utilisation d'OGM, j'ai trouvé des solutions bien meilleures qui 1) fournissent une plus grande récolte (pas sur une seule récolte), 2) contribuent à la santé et à la vie de tous, 3) éradiquent vraiment la famine. Et, devinez quoi, ce sont aussi des solutions plus compétitives !

# 18

# Principes directeurs de l'économie bleue

En tant qu'observateur des systèmes écologiques et sociaux depuis quatre décennies, j'ai pu extraire quelques principes fondamentaux qui vont nous guider vers un monde où la Nature regagne le droit d'évoluer simplement, où la société renforce les liens en améliorant la qualité de la vie et où chacun à la possibilité de satisfaire ses besoins de base avec ce qui est disponible localement. Ces dernières années m'ont appris bien des leçons. La faisabilité de ma vision originale et des deux cents premières innovations a été vérifiée, mais j'ai adapté les principes afin d'expliquer comment mettre en place un glissement rapide des modèles actuels (globalisation, réduction des coûts, économie d'échelles) vers une économie bleue plus efficace et évoluant plus rapidement.

Je propose une vision fondée sur le fait qu'une compréhension fine de la Nature en général et des écosystèmes en particulier permet d'expliquer pourquoi la Nature a triomphé de toutes les difficultés depuis des centaines de millions d'années et peut nous fournir l'inspiration nécessaire pour embarquer

vers un nouveau futur. On peut s'appuyer sur l'ingéniuité des écosystèmes, qui fournissent en abondance les produits et solutions dont la vie dépend, qui renforcent les liens sociaux, qui bâtissent la culture et les traditions, et tissent le lien social. Cela permet une certaine résilience quand les temps sont difficiles et d'immenses satisfactions quand la période est plus propice. Cela permet aussi de vivre dans des limites compréhensibles en passant de la pénurie à l'abondance.

Toutes ces années m'ont permis de mieux comprendre les défauts du système économique actuel, dans lequel la pratique diffère de la théorie et où la cécité due à la défense absolue du cœur de métier et des compétences clés empêche de voir les alternatives possibles. Les comités de direction des entreprises avec leurs objectifs à court terme raisonnent en termes financiers évitant les considérations sociales et environnementales. Les « communs » sont traités comme une zone à exploiter (c'est le cas de la consommation abusive d'eau) ou une zone pour se débarrasser des surplus (c'est le cas des rejets dans l'atmosphère de gaz à effet de serre). Comment pouvons-nous croire en la théorie de « la main invisible » avec tant d'intérêts égoïstes et de pénuries conduisant à la destruction ?

La logique de l'épanouissement personnel du homo economicus selon laquelle « l'individu ne pense qu'à se donner personnellement une plus grande sûreté ; et en dirigeant cette industrie de manière à ce que son produit ait le plus de valeur possible, il ne pense qu'à son propre gain ; en cela, comme dans beaucoup d'autres cas, il est conduit par une main invisible à remplir une

fin qui n'entre nullement dans ses intentions[1] » a été trop souvent justifiée par les fluctuations de prix issues de l'offre et de la demande de biens et services. Une demande élevée soutenue par une offre forte entraîne une hausse des prix qui bénéficiera à l'acteur le plus efficace. Cela serait vrai si le marché fonctionnait vraiment en toute transparence. Or, cet épanouissement personnel devient une attitude destructive quand il se fait au détriment des communs, c'est-à-dire des services et systèmes fournis gratuitement par la Nature et qui n'ont pas de valeur commerciale à ce jour. Ils comprennent la biodiversité, la fourniture continue d'eau potable, l'offre d'oxygène dans l'air, la disponibilité des pâturages pour les troupeaux, la voie évolutive et symbiotique de la biodiversité, le cycle des nutriments, la régénération des sols fertiles, et tellement plus.

Quoique peu d'économistes aient fait l'effort d'estimer la valeur de tout cela, l'économie et la société ont accaparé les communs en les privatisant pour une exploitation commerciale au bénéfice de quelques opérateurs (typiquement le cas des eaux minérales vendues en bouteille en puisant dans les nappes phréatiques). Ainsi donc les communs sont exploités selon une logique égoïste qui nie les présupposés des conditions de vie. Les critiques vis-à-vis de la main invisible qui, pour Adam Smith, n'était pas un système fonctionnant bien, ont vu le jour au XIX[e] siècle mais ont sciemment omis d'en tirer certaines leçons.

Dès 1833, William Forster Lloyd, un mathématicien amateur, écrivait un pamphlet, *La tragédie des biens* communs, dont le titre est très évocateur. Imaginons

1. Adam Smith, *Recherches sur la Nature et les causes de la richesse des nations*, Livre IV, chapitre 2, Flammarion, 1991.

une prairie ouverte à tous. Chaque bouvier essayera d'y faire paître le plus de bétail possible. À un moment donné, il se demandera s'il ne peut pas ajouter encore une bête à son cheptel. Quand il la vendra, tous les bénéfices seront pour lui alors qu'il n'aura pas payé pour sa nourriture. Tous les bouviers feront de même et, au début, personne ne remarquera la raréfaction de l'herbe. Quand le problème apparaîtra, aucun éleveur ne se sentira responsable (ce n'est pas « ma bête de plus » qui a créé le problème mais toutes celles des autres). Ce pâturage sans limites avait en fait une limite claire.

Les sociétés modernes ont cru en la liberté d'exploiter les communs et ont proposé aux exploitants des licences d'exploitation. Nous avons confondu le libre-marché et la libre exploitation des communs. Nous réalisons désormais qu'il n'y a pas seulement une raréfaction des ressources, mais aussi que chaque addition dégrade le sol, la rétention d'eau et conduit à la désertification. La liberté de poursuivre son propre intérêt a conduit à la destruction du système qui rendait cela possible. Cette attitude de « laisser-faire » a été appliquée à grande échelle aux marchés et est appliquée de façon inconsciente aux communs.

La mauvaise décision des bouviers a aussi été prise par les pêcheurs, les mineurs, les pétrochimistes qui fabriquent des plastiques, les pollueurs des nappes phréatiques ou de l'air, les institutions et les individus à la recherche de « plus pour moi ». Cette ego-attitude a apporté un dérèglement climatique irréversible, la détérioration de la santé avec de nombreuses maladies respiratoires, l'accumulation de déchets miniers dans des terrils, la dégradation des couches fertiles et la disparition de la biodiversité. Les mauvais traitements

aux communs vont de pair avec une incapacité chronique à fournir à chacun ses besoins vitaux. Il n'est pas surprenant que la pauvreté soit endémique et impossible à résoudre puisque nous continuons à détériorer les services de l'écosystème qui rendent la vie sur Terre possible.

La clé, dans le monde des affaires, ne sera plus de s'accrocher à la stratégie de réduction des coûts, à la mode de « l'Internet des objets » et aux projets qui promettent aux actionnaires de fantastiques retours sur investissement, avec l'intelligence artificielle, par exemple. Au contraire, il est urgent de revoir nos modèles. Nous avons besoin de modèles qui cessent de se contenter de fonctionner mais qui améliorent, sécurisent et renforcent les conditions permettant la vie. Comment avons-nous pu donner des licences d'exploitations à des entreprises qui détruisent (souvent sans même s'en rendre compte) l'environnement dont la vie dépend ? Ces dernières décennies, mes recherches se sont concentrées sur la façon de concevoir des activités permettant de fournir les biens essentiels tout en assurant la prospérité des communs. Nous n'avons pas besoin de nous abriter derrière une main invisible, nous pouvons au contraire faire des choix conscients pour contenir la liberté d'exploitation des communs (comme nous l'avons fait en ce qui concerne le vol des biens). Dérober moins, c'est quand même dérober. Polluer moins, c'est encore polluer. Détruire lentement les communs, c'est toujours détruire les communs. Quand l'un de nous décide d'ajouter un animal sur la prairie commune, ce sont tous les éleveurs qui acceptent la surexploitation. Le militant écologiste qui veut interdire l'accès au pâturage est selon les bouviers un imbécile ; il est garanti qu'il sera perdant.

Cette comparaison avec les fermiers de l'ancien temps révèle de nombreuses analogies avec nos temps modernes. Les éleveurs de viande ont appris que la productivité augmentait avec l'ajout d'antibiotiques à l'alimentation des animaux. Les ventes additionnelles et les bénéfices ont été pour les éleveurs (et leurs fournisseurs). Pourtant, la conséquence bien connue de cette « amélioration » a été le renforcement de la résistance des bactéries aux antibiotiques et donc la création d'espèces mutagènes dans la chaîne alimentaire qui, en 2015, ont causé environ sept cent mille décès. On pense qu'à l'horizon 2050 il y en aura environ dix millions de plus[1]. Des maladies que l'on croyait sous contrôle ou même éradiquées ressurgissent sans que cette fois on sache les contenir. C'est un autre cas de tragédie des communs : le coût de traitement des bactéries aux États-Unis est estimé à 20 milliards de dollars, infiniment plus que les gains obtenus par l'administration de nouveaux médicaments. Le drame des antibiotiques dans l'alimentation est aggravé par le fait que les médecins sont financièrement encouragés à en prescrire. Toujours aux États-Unis, des antibiotiques pour soigner des maladies respiratoires ont été prescrits à près de quarante millions de personnes. Un article, paru dans le magazine *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, dénonçait que pour plus des deux tiers de ces patients les antibiotiques n'étaient pas nécessaires[2]. La tragédie des communs, aujourd'hui, c'est lorsque les

1. Estimations de Jim O'Neil (anciennement chef économiste de Goldman Sachs) pour le compte du gouvernement britannique et du Wellcome Trust.

2. Voir « The Grim Prospect of Resistance to Antibiotics », *The Economist*, 21 mai 2016.

laboratoires et les docteurs profitent d'un coût qui est payé par la communauté.

Cela pose une question évidente : peut-on construire un modèle de marché, basé sur les principes capitalistes, qui permette une qualité de vie meilleure pour toutes les espèces vivantes ? Ou préfère-t-on un système où, à terme, 1 % de la population peut accumuler autant de richesses que les 99 % restants ? Hélas, le système actuel, qui considère les communs comme étant gratuits, nous mène au-delà des limites possibles et a bénéficié à une minorité d'individus et d'entreprises. Il est donc nécessaire de limiter la liberté d'action. Avec des millions d'opérateurs sur le marché et en imaginant pouvoir réguler l'exploitation des communs, pourrions-nous orienter les entreprises et la société vers la durabilité ? Si le pouvoir est concentré dans les mains de quelques super-sociétés et super-riches qui ne paient d'impôts nulle part, quelles sont les chances pour plus de deux cents gouvernements aux buts différents de refonder le modèle économique ? Aucune. Les quelques opérateurs mondiaux diront aux gouvernements ce qu'ils doivent faire.

Dans ces conditions, comment faire en sorte que le bien des communs prévale ? Cela m'a incité à chercher de meilleures solutions expérimentées par une nouvelle génération d'entrepreneurs. Des auteurs comme David Korten et Bill McKibben pointent les effets pervers du contrôle par une poignée d'individus et nous forcent à nous concentrer sur des technologies et des business de rupture. C'est nécessaire si on veut préserver le rôle et l'importance des communs. La dernière chose dont on a besoin, c'est de leur assigner une valeur, et la priorité est de leur manifester du respect, en acceptant qu'on ne comprendra jamais tout mais en reconnaissant que, sans eux, l'univers entier s'effondrera. Il

y a donc un impérieux besoin à revisiter la logique économique et son impact sur les communs. Tout aussi important est le besoin de repenser nos modes de management.

Les principes actuels (primauté de la chaîne logistique, sous-traitance, cœur de métier) ne sont pas seulement anachroniques, ils portent en eux leur propre destruction. Il s'agit de la copie parfaite de la décision des bouviers qui surexploitaient la prairie sans se sentir responsables de rien. Ces méthodes de gestion, enseignées largement dans toutes les écoles du monde, trouvent leur sommet dans le diplôme le plus vendu et le plus rentable jamais inventé : le MBA. Comment pouvons-nous prétendre avoir un système efficace quand il amoindri les communs à un niveau inacceptable et qu'il conduit à transformer seulement 10 % de nos ressources naturelles limitées (les 90 % restantes étant détruites ou gaspillées) ? Cette approche simpliste de la production et des ventes est pourtant la façon dont nous gérons tout ; en coupant les coûts pour offrir des produits toujours moins chers, sans tenir compte des impacts locaux néfastes. Comment pouvons-nous encore justifier d'expédier à l'autre bout de la planète du beurre et du lait afin de préparer des gâteaux qui seront à leur tour exportés à un autre endroit de la terre ?

Les modes actuels de production, de distribution et de consommation ne font que gaspiller et détériorer les communs, mais le pire est probablement que cette logique linéaire et concentrée nous rend aveugles aux nombreuses alternatives possibles. Comment pouvons-nous continuer à nous concentrer sur une seule activité quand il est évident que des activités en cascade et intégrées vont améliorer les rendements et la création de valeur et subvenir aux besoins de base de tous ?

Les nombreuses indications sur la manière dont nous avons perdu de vue ce qui était possible à partir de ce qui est disponible m'ont conduit à résumer les principes directeurs pour mettre en place une économie bleue opérable. Qu'est-ce qui différencie l'économie bleue de l'économie verte et circulaire, de l'utilisation efficiente des ressources, de la symbiose industrielle, des mouvements « zéro-déchets » et de bien d'autres concepts qui tendent vers une économie et une société durable ? La réponse contenue dans les principes qui sont développés dans les prochaines pages ne décrit pas ce qui nous sépare de ces concepts populaires. Je m'engage à partager combien on peut faire et comment nous pouvons nous assurer que cela se fasse. Il n'y a pas de meilleur moyen de décrire la science, le cœur et l'esprit de l'économie bleue que de mettre en lumière les principes directeurs qui nous permettent d'aller au-delà de ce que nous avons pensé possible au cours de ces quarante années d'engagement pour faire la différence pour la Nature et l'humanité. Ils nous permettent de regarder la réalité en face et d'être mobilisés et positifs sur l'avenir.

Alors que je finissais l'écriture du Rapport au Club de Rome en 2009 pour célébrer les 15 ans de l'économie bleue, j'ai essayé de synthétiser 400 pages en quelques règles de base. Cela m'a motivé à revisiter les principes et à proposer plutôt un cadre propre à clairement résumer ce qu'est l'économie bleue. Elle est *inspirée* par la Nature, elle veut *changer* les règles du jeu et elle s'appuie sur une économie qui développe en *local* le territoire en répondant aux besoins des populations à partir de ce qui y est disponible.

## Synthèse des principes directeurs de l'économie bleue

| | | |
|---|---|---|
| 1 | S'inspirer de la Nature | Privilégier la physique |
| | | Savoir ne plus être linéaire |
| | | Optimiser et co-évaluer |
| | | Résister par la diversité |
| | | Aller au-delà du bio |
| 2 | Changer les règles du jeu (des affaires) | Interconnecter les problèmes crée des opportunités |
| | | Remettre la Nature dans le sens de son évolution |
| | | Conserver la gratuité et la propreté des communs |
| | | Satisfaire d'abord les besoins de base |
| | | Utiliser ce que l'on a |
| | | Remplacer quelque chose par rien |
| | | Tout valoriser |
| | | Être en bonne santé et heureux |
| 3 | Vivre sur son territoire | Miser sur les économies de perspectives |
| | | Générer de multiples débouchés à partir d'une initiative |
| | | Intégrer verticalement |
| | | Gérer sans *business plan* |
| | | Décider à partir des états financiers |
| | | Mettre l'éthique au centre |

Outre les contributions des membres du Club de Rome, il y a eu de nombreuses conférences et séminaires devant des milliers de personnes engagées et motivées par un meilleur futur.

Pour n'en citer que quelques-uns : les Entrepreneur Summits de Berlin, the Innovation for Society à Taipei, la conférence du vingtième anniversaire de la fondation ZERI à Tokyo, une série de conférences en Chine à l'occasion de la sortie de cent quatre-vingt fables pour les enfants (en cinq volumes de trente-six fables chacun), les conférences Young Presidents Organisation au Maroc et à Beijing, la Teachers Conference au Brésil, la présentation au Sénat du Pérou, la cérémonie du Zayed Future Energy Prize, la 13^e^ Sustainable Manufacturing Conference de Hanoi, le Bioeconomy Summit de Berlin, le Alpbach Forum et la Conférence Annuel du Club de Rome à Winterthur m'ont exposé à près de cinquante mille personnes. Cela fut une chance unique d'échanger avec un nombre incroyable d'individus de diverses origines. Cela fut aussi un terrain d'expérimentation pour m'aider à synthétiser ma vision et ma méthodologie.

Après avoir présenté la genèse des principes directeurs de l'économie bleue, je vais présenter plus en détail comment le futur animé par la passion et la vision s'inspire de la Nature pour changer les règles du jeu et accroît l'activité dans les territoires.

## 1. S'inspirer de la Nature (et de l'eau)

La vie sur terre a évolué d'une simple bactérie à une généreuse biodiversité prospérant dans des écosystèmes différents qui ont essaimé sur toute la planète. Les systèmes naturels nous inspirent avec leur capacité

à passer de la pénurie à l'abondance, utilisant toutes les ressources disponibles, des feuilles mortes tombant sur le sol qui deviennent de l'humus riche en micro-organismes pour les champignons, fourmis et vers de terre aux particules de poussière qui venant de l'autre bout de la Terre se déposent dans la forêt amazonienne et qui, aidées par la Cordillère des Andes, véritable ligne de partage des eaux entre le Pacifique si proche et l'Atlantique au lointain, en font cette explosion de diversité.

Certains se sont focalisés sur les prouesses de chaque espèce dans leur lutte pour la survie ; nous nous sommes intéressés à l'écosystème. Impressionnés par la capacité qu'ont les scarabées des déserts namibiens à capturer l'humidité de l'air, plus impressionnés encore par l'absence de quelque chose faisant penser au Teflon. La formule chimique qui permet cet unique effet physique de condensation ne ressemble en rien à ce que les humains ont imaginé. Émerveillés par la capacité des scarabées à convertir des nutriments endogènes en un film hydrophobique multicouche qui contrôle eau et température, plus émerveillés encore de voir que ces molécules fonctionnelles deviennent à leur tour des nutriments pour d'autres dans le système. Ces schémas de production et de consommation reposent sur des relations complexes qui forment le réseau de la vie, quand la performance de l'un n'est possible que parce que l'autre l'aide à maintenir un équilibre dynamique indéfiniment.

Les systèmes naturels nous inspirent, pour autant nous ne proposons pas un retour à la vie sauvage. Nous nous émerveillons du fait que dans la Nature il n'y a pas de déchets ; ce qui n'est pas nécessaire à l'un est de la nourriture, une matière ou de l'énergie pour un

autre. C'est un système piloté par l'énergie solaire dans lequel rien n'est jamais perdu et où chacun contribue au mieux de ses capacités. C'est là un contexte pour mettre en place une logique de zéro déchets et zéro émissions. On pourrait aussi appeler cela un modèle économique qui utilise les matériaux de la manière la plus efficiente possible : tout comme les systèmes naturels le font, ne jetant rien, ni les déchets ni les mauvaises herbes, plutôt en transformant ce qui apparemment n'avait pas de valeur pour le proposer à un autre. Cela crée le flux continu dont la vie sur Terre dépend. C'est en 1991 sur la base de ces observations que j'ai écrit sur un changement de modèle économique sans déchets ni émissions. Ces observations m'ont conduit à créer la première usine écologique (1991-1993) et la fondation ZERI (Zero Emissions Research and Initiatives) avec le soutien de l'Organisation des Nations Unies et du gouvernement Japonais (1994-1997). Ces projets n'étaient pas de travailler en circuit fermé avec un flux circulaire des matières premières ou en évitant les déchets ; c'était une vision pour voir ce qu'on pouvait produire de plus si on part de ce dont on dispose. À cette époque j'allais même jusqu'à proscrire le moindre déchet. Après tout il semble que la seule espèce capable de produire quelque chose que personne ne désire soit l'Homme.

Les systèmes naturels nous encouragent à penser au-delà des standards industriels en place. Alors que la modernité tire sa fierté de produire rapidement et bon marché, la Nature produit tout et utilise tout, sans gaspiller ni brûler. Les sources d'énergie les plus disponibles sont le soleil et la gravité (et la capacité à s'en servir). Toutes les espèces ont appris à stocker et utiliser ces flux d'énergies ainsi que de la nourriture sans dépendre de piles (qui elles-mêmes dépendent de

minerai à extraire). C'est un contexte de travail qui est une autre inspiration majeure : chacun contribue au mieux de ses capacités, chacun évolue vers sa perfection, créant des niches d'excellence. Pour nous cela signifie une logique sociale claire : le plein emploi.

Dans la Nature il n'y a pas de chômage ! Où que ce soit, qui que ce soit, tout le monde contribue, toujours à un des moments du process. Cela nous a conduit à imaginer des activités qui une fois groupées peuvent générer des emplois au-delà de ce que nous pensons possible. Nous pensons mêmes que l'on peut éliminer le concept de chômage comme nous allons supprimer les déchets. Le chômage c'est un gaspillage de ressources humaines qui conduit à l'exclusion de la société et à la perte de l'estime de soi. La Nature montre une capacité remarquable à célébrer la vie en dépit des calamités qu'elle doit surmonter. Comment surmonter les défis actuels de la société quand un quart de la population n'arrive pas à croire en elle ? Pire, comment peut-il y avoir une cohésion sociale et un objectif commun quand dans un pays sur deux près de 50 % des jeunes en dessous de 26 ans sont sous-employés ou inemployées ?

La Nature est aussi une source d'inspiration car, malgré l'immutabilité et la prédictibilité des lois de la physique, il y a toujours la fameuse exception qui confirme la règle. Il y a par exemple une simple molécule classique qui est fascinante : l'eau, H2O ou plutôt H3O2 comme le suggère le professeur Gerald Pollack[1]

---

1. Pour plus d'information voir les conférences TedTalks données par Gerald Pollack ou le site (en anglais) :

www.structuredwaterunit.com/articles/structuredwater/dr-gerald-pollack-and-structured-water-science

de l'Université de Washington à Seattle. L'eau est le solvant universel puisqu'elle dissout beaucoup plus qu'aucun autre liquide en « bouleversant » les forces moléculaires. C'est la seule substance que nous connaissons qui a quatre phases : solide, liquide, gaz et la zone d'exclusion, définie par Gerald Pollack[1]. Cela signifie que chaque fois qu'il y a de l'eau (dans l'air, le sol ou notre corps) il y a aussi des produits utilisables (nutriments, minéraux, oligo-éléments). L'eau a un arrangement polaire d'oxygène (charge négative) et d'hydrogène (charge positive) qui lui permet d'être attirée par différents types de molécules. L'eau est le solvant qui nettoie nos reins de tous les métaux et minéraux en excès comme par exemple le potassium. L'eau crée les charges positives et négatives qui remodèlent les globules rouges et les rendent fluides sans effort à travers nos veines. Par exception, dans la zone d'exclusion, l'eau se transforme en un état pur et dépose toutes les « impuretés » hors de la zone.

L'eau est la seule substance qui se contracte avec une baisse de température jusqu'à 4 °C, puis en dessous de 4 °C, sa structure moléculaire sera en expansion, ce qui permet à la glace de flotter et de préserver la vie en dessous. Aussi, si pour de nombreux scientifiques ces comportements sont des anomalies, l'eau reste la substance la plus abondante sur terre et dont la vie dépend intimement. L'importance de l'eau pour faciliter et permettre la vie est reconnue et bien comprise.

1. *Exclusion Zone Water*: l'eau à zone d'exclusion, ou l'eau Interfaciale, est de l'eau qui, lorsqu'en contact avec n'importe quelle surface, crée une zone d'exclusion, une couche d'eau pure plus ou moins grande. Ainsi, toute molécule du corps est entourée par une couche d'eau pure. Cette couche est faite de feuillets d'eau structurés en nid d'abeille, donc H3O2. Source : https://santeholistique. wordpress.com – NdT.

L'eau c'est 80 % de notre masse corporelle, mais en termes de molécules, du fait de sa structure simple, l'eau représente 99 %. C'est dire si la Nature aime, comprend et utilise l'eau. Nous découvrons juste son rôle et son potentiel.

Un autre phénomène m'a fasciné et inspiré : la capacité de la Nature à « l'autopoïèse », c'est-à-dire la possibilité de s'autoréguler, de s'adapter à toutes les turbulences, d'agir comme un réseau avec des limites mais aussi un réseau des réseaux connectant tous les écosystèmes pour tenir compte de ses propres limites. La Nature sait créer, évoluer et produire en symbiose (tellement le contraire de notre façon si scientifique et rationnelle de gérer le monde). Depuis que Humberto Maturana et Francisco Varela[1] (des philosophes chiliens) ont introduit ce concept, on mesure combien la Nature a le pouvoir (et la puissance) d'évoluer, de créer quelque chose qui n'existait pas et de s'adapter à toute nouvelle réalité en ajoutant tout ce qui est nécessaire pour exploiter au mieux cette nouvelle opportunité, dans les nouvelles limites qui lui sont imposées. C'est vraiment un attribut incroyable que de savoir transformer le présent, mettre en place de nouveaux outils et moyens d'évolution pour devenir une nouvelle réalité (y compris créer de nouvelles espèces ou même de nouvelles conditions). C'est cela qui nous submerge quand on étudie et découvre la puissance de la Nature. Comment ne pas s'en inspirer pour concevoir de nouveaux modes de fonctionnement ?

Quand on admet que toute inspiration doit venir de la Nature, alors on doit transformer notre perception

1. Voir *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, 1991.

de la réalité qui nous entoure. Cela doit passer par une révision de la logique qui veut que les solutions viennent de la chimie (inventer de nouvelles molécules) et de la biologie (inventer de nouvelles formes de vie) pour :

– miser sur la physique et la géométrie,

– transformer une logique linéaire en une logique non-linéaire (la réalité est complexe),

– chercher le système optimum pour le système en entier et non pour un seul des composants,

– renforcer la résilience de la Société et de l'Économie par la diversité,

– enfin, d'arrêter de croire que la solution passe par le « bio ». L'ensemble de ces réflexions nous donne les premiers principes directeurs pour atteindre des résultats que la logique traditionnelle et les pratiques de gestion actuelles n'envisagent même pas !

### *1.1. Privilégier la physique (en démarrant avec la géométrie et les mathématiques)*

La découverte de ce qui est disponible localement dépend de notre compréhension des lois de la physique. Quand on dit que les chances de survie dans le désert du Namib, en Namibie, sont infimes et que les possibilités d'y implanter l'agriculture plus infimes encore, il est bon de se souvenir des lois physiques (en lesquelles, vous l'avez compris, nous croyons beaucoup). La moiteur apportée dans cette région par le courant froid de Benguela permet une certaine humidité mais insuffisante pour que les plantes poussent. Pourtant c'est dans cette région que l'humanité est apparue et où les maîtresses de maison connaissaient 300 sortes

de baies différentes et ne consacraient que trois heures par jour pour assurer la subsistance[1].

L'industrie moderne a trop souvent trop compté sur la chimie seule, créant plus de 100 000 molécules nouvelles principalement d'origine pétrochimique. La chimie a certainement apporté une contribution extraordinaire à la société moderne, mais elle nous aussi laissé un héritage non-désiré : le nombre (en croissance) d'additifs toxiques reconnus comme carcinogènes ou le fameux septième continent de déchets plastiques dans les océans. Ce sinistre inventaire de conséquences involontaires demande une réponse urgente. La tendance scientifique actuelle est de répondre aux demandes de la société par les manipulations génétiques plutôt que par de nouvelles molécules. Cela se fait par des altérations de gènes, des modifications et le travail sur les chaînes de génomes. Il est quand même inquiétant que ce soit la route choisie pour résoudre les problèmes des sociétés modernes. Encore une fois, comment peut-on imaginer que l'adjonction d'un gène de carotte dans un grain de riz puisse permettre assez de nourriture pour nourrir les milliards d'êtres humains ? D'un côté le riz doré, annoncé comme la solution savante extraordinaire, et d'un autre coté l'ignorance crasse de la présence de micro-algues qui font naturellement ce que les manipulations génétiques ont difficilement permis !

La vie dépend d'abord et avant tout des lois de la physique, un savoir pourtant ignoré de nos leaders. Ces lois naturelles sont les *principes directeurs* de tous les écosystèmes. Il n'y a pas d'exceptions, tout marche comme prévu. L'air chaud monte, les pommes tombent

1. Voir (en anglais), www.gunterpauli.com/blog/when-humans-exited-from-the-garden-of-eden

toujours des arbres à la même vitesse, les noix de coco se gorgent d'eau en fonction des phases de la Lune. Quel dommage que nous ne soyons plus en phase avec ces cycles de la vie, ces flux d'énergie, ces puissances naturelles et ces savoirs ancestraux (puisque de nombreuses communautés indigènes ont été marginalisées). Pour d'obscures raisons nous en sommes arrivés à croire que nous avons le pouvoir de diriger la vie comme cela nous arrange. Dans la Nature l'air froid ne sera jamais pompé vers le haut (comme avec la climatisation), de la nourriture ne sera jamais brulée pour permettre le mouvement. Observer la Nature et les écosystèmes nous permet d'imaginer des systèmes de production et de consommation avec des résultats prévisibles et limitant les risques. Appliquer les lois de la physique réduit les risques de conséquences indésirables.

L'économie bleue propose que l'activité s'appuie sur une puissance naturelle fiable. Exposé à de la chaleur, l'air et les solides grossissent et c'est ce qui nous permettra de concevoir des systèmes chauffants et réfrigérants sans pompes. C'est ainsi qu'Anders Nyquist conçoit des maisons éco-efficientes et saines à vivre. La maîtrise des lois physiques permet d'utiliser les différences de température, pression, alcalinité, acidité ou salinité pour gérer des flux d'énergie prévisibles en taille et en débit, sans apports extérieurs. Une fois ces différences comprises, il y aura toujours des forces naturelles pour vivre avec les flux plutôt que d'essayer de les dompter à grand frais et sans tenir compte des autres flux. C'est une logique qui s'applique au monde naturel et à ses habitants. Tant que j'ai essayé d'être l'agent du changement (être le flux ou le courant), j'ai dépensé trop d'énergie pour tenter d'être le flux. Une fois que je me

suis rendu compte qu'il y a des sous-courants et des vagues qui sont créés dans la société indépendamment de ce que je fais, je suis devenu capable de survivre sans effort aux vagues et de faire avancer les choses.

Les lois de la physique font appel à des forces omniprésentes qui nous permettront d'atteindre des objectifs et même des objectifs précédemment considérés comme coûteux ou trop énergivores. Nous devrions donc, dans la recherche d'un éventail de solutions, explorer d'abord les opportunités offertes par la physique. Le cas de Las Gaviotas, la régénération de la forêt tropicale à Vichada en Colombie, dépendait fortement de la découverte des lois de la physique permettant la survie d'arbres sur des terres dénudées. En plantant les premiers pins, l'objectif n'était pas de peupler la région avec des pins et certainement pas d'introduire une monoculture, mais plutôt de faire en sorte que les pins créent une couverture biologique pour protéger le sol d'une dévastatrice exposition aux rayons ultraviolets. Les graines, une fois protégées, pouvaient alors germer et la biodiversité a réapparu. Les scientifiques opposés au projet avaient justement soutenu qu'aucun arbre ne survivrait jamais à cet environnement sévère. Nous nous sommes félicités de leur contribution car cela nous a permis de découvrir comment la Nature crée des conditions qui favorisent et même rétablissent la vie.

Le pin a été choisi principalement pour sa capacité de survie et aussi pour sa capacité à fournir de l'ombre, ce qui a déclenché un autre changement majeur dans l'écosystème local. La couverture de l'arbre formée a protégé le sol ce qui a entraîné un différentiel de température entre la terre et la pluie. Tant que le sol était plus chaud que la pluie, l'eau qui le touchait était

évaporée presque instantanément. L'arrivée d'eau plus froide que le sol éclabousse, s'évapore mais ne pénètre pas dans le sol, privant d'eau la vie émergente des plantes et des animaux. Grace aux frondaisons, le sol est maintenant plus frais et la pluie s'infiltre rapidement dans le sol. L'eau passe maintenant par des couches délicates d'une mince « peau » terrestre, s'enrichissant en oligo-éléments. Mais il y a plus : cette île verte, perdue au milieu d'un immense territoire de 20 millions d'hectares de savane, forme un endroit frais où tout nuage flottant sur elle est plus susceptible de perdre son excès d'humidité (ce qui entraîne plus de pluie et donc le remplissage des nappes d'eaux souterraines). Ce processus de régénération de la source d'eau potable – à travers la replantation d'une monoculture en évolution dans une forêt tropicale de biodiversité – est intrinsèquement un processus physique.

En appliquant notre connaissance de la physique à notre avantage, nos actions et méthodes ont permis au sol d'être enrichi par l'eau et les nutriments, permettant ainsi aux processus chimiques et biologiques de suivre leur logique sans entrave, en transformant un lieu autrefois désolé en une réserve naturelle prospère qui continuera à devenir un biome[1] de plus en plus diversifié pour les siècles à venir. Il a également créé une communauté d'individus plus sains et plus heureux dans ces colonies où des réfugiés essayaient d'échapper à la violence liée à la drogue ailleurs dans le pays.

1. Un biome, appelé aussi macroécosystème, aire biotique, écozone ou encore écorégion (terme dont le sens est souvent confondu avec biote), est un ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées.

À moins de comprendre la logique de la physique, nous ne serons pas capables de saisir les opportunités qui nous attendent pour orienter la société vers la durabilité.

### *1.2. Savoir ne plus être linéaire*

La vie moderne est dominée par la logique linéaire. Nous adorons comprendre la cause et les effets, et bâtir des analyses (basées sur des circonstance artificielles) pour créer des abstractions où le contexte est déterminé par le temps et son emplacement, mais ignorant les émotions ou les dimensions sociales qui seront affectées. Pourquoi, alors que nous savons bien qu'un malade *qui veut aller mieux* va effectivement mieux, continuons-nous à étudier la performance des médicaments seulement suivant la logique de la cause et des effets ?

Le désir de contrôler la logique de la production et de la consommation suivant la stricte loi d'une logique linéaire où A mène à B a donné le pouvoir aux entreprises. Cela nous force à ne prendre d'initiatives (même les plus simples) qu'à partir de *business plan*, de feuilles de calcul Excel, d'études de marché (de cabinets indépendants), de plan logistiques (qui éliminent préventivement toutes les supposées erreurs). Il est à noter que ces plans ignorent les conséquences possibles de leur mise en place. Ces abstractions permettent à chacun de se concentrer sur le moins cher, la réduction des coûts et les avantages concurrentiels. En gros il faut produire toujours du même mais en moins cher. Les projets sont soumis à cette logique, mais la mise en application et le suivi n'y échappent pas non plus.

Pourtant, en prenant la Nature comme un « maître », j'ai réalisé que la vie, en tant qu'écosystème comme

en tant que système social, ne suit pas une logique linéaire. Des centaines d'équations interdépendantes ont des effets itératifs et multiplicateurs qui eux-mêmes nourrissent de nouvelles relations et restent parfois indiscernables. Aussi absurde que cela paraisse, des équations du type 1 + 1 = 5 ou 2 × 2 = 17 apparaissent et ne sont fondamentalement inexactes. Ces équations, qui ne sont pas le fruit de simples additions ou multiplications, varient dans le temps et représentent pourtant la Réalité. Comme nous persévérons dans la seule recherche de l'explication la plus rapide et la plus simple de la façon dont « *une chose fonctionne à un moment donné* », nous restons incapables de saisir l'étendue de cette « toile de vie » complexe où l'ensemble est toujours plus grand que la somme des parties individuelles.

Le comportement non-linéaire dans la Nature s'exprime dans des comportements de croissance apparemment erratiques tels par exemple celui des bambous qui deviennent un acier végétal en un très court laps de temps ou du varech qui produit des densités nutritives élevées très rapidement (sans commune mesure avec aucun processus industriel connu). La croissance et la transformation extraordinaire des espèces sont pourtant également exprimées par des limites auto-imposées. Un bambou va atteindre une hauteur de 25 mètres en quelques semaines et pourtant il ne continuera pas une croissance débridée jusqu'à 100 mètres même s'il dispose d'eau et de nutriments en abondance. La chenille qui se transforme en papillon subit une métamorphose qui ne peut pas être saisie par des mathématiques linéaires. Les systèmes naturels ont clairement défini des cadres très dynamiques dans lesquels ils opèrent, où calculer la croissance est aussi inspirant que la croissance

elle-même et où de multiples transformations originales et débridées interpellent notre imagination.

Alors que les systèmes économiques actuels et notre arithmétique mathématique simplifiée continuent sans cesse à ajouter et à multiplier, conduisant à une croissance exponentielle soutenue pendant de longues périodes de temps, nous, en tant qu'espèce, ne réalisons pas que si nous maintenons un tel niveau de croissance, nous dépasserons bientôt les limites physiques de notre planète. Même si notre conscience confirme que nous allons au-delà d'une limite certaine impossible à soutenir pendant une période de temps prolongée, nous sommes apparemment incapables de changer nos habitudes, nous nous comportons comme une autruche avec la tête dans le sol. Même avec nos outils simplifiés de mathématiques linéaires, nous ne nous adaptons pas aux réalités de la vie. L'adoption de mathématiques non linéaires est la seule façon de nous aider à comprendre l'impact réel de nos actions et de saisir les opportunités remarquables qui sont à notre portée, pour lesquelles nous sommes en mesure de transformer radicalement la réalité qui nous entoure.

Bien que les systèmes naturels reconnaissent clairement les limites déterminées par leur capacité de charge et, par conséquent, intègrent des points de vérification et d'équilibre qui contiennent l'expansion dans la limite du raisonnable et des moyens disponibles, notre économie actuelle ne semble pas avoir ces alertes en place. En conséquence, les modèles de croissance continuent d'accroître la production et la consommation, entraînant une exploitation à un rythme qui non seulement épuise nos réserves actuelles mais prive aussi les générations futures d'accès aux mêmes ressources. La race humaine consomme sciemment plus de réserves que ce qui est

disponible. L'économie bleue préconise l'adhésion à la non-linéarité qui rend les variables de croissance erratiques, accélérant et transformant plus rapidement les seuils réputés viables selon les modèles traditionnels de croissance linéaire, tout en imposant des contrôles et des équilibres nous permettant de fonctionner dans la capacité de charge de limites planétaires, la défense des communs, le capital social et la résilience.

C'est la raison pour laquelle toutes les conceptions de projets de l'économie bleue sont soumises à une rationalisation selon la « dynamique des systèmes », la modélisation mathématique développée à l'origine par le professeur Jay Forrester[1] du MIT (Massachusetts Institute of Technology à Boston) qui, par ailleurs, a servi d'épine dorsale aux travaux du rapport « *Halte à la croissance* ». L'application de ces modèles nous permet d'identifier de multiples flux de revenus, boucles de « rétroalimentation » et effets multiplicateurs offrant des idées que les modèles linéaires ne sont pas capables de fournir. Ce système n'est pas seulement un outil d'analyse, qui offre une clarté sur l'impact et le potentiel à long terme, c'est aussi un instrument de décision qui permet de manière transparente d'intégrer des innovations et des initiatives. Cette approche réduit aussi les risques.

Les règles d'or en entreprise sont de :

– maximiser la production grâce à des économies d'échelle,

---

1. Il existe une formation en ligne gratuite en anglais donnée par le professeur Forrester sur :

http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-19

98-spring-1999/syllabus/

– maximiser les profits grâce à la réduction des coûts, en particulier de main-d'œuvre,

– et maximiser la part de marché en évinçant les concurrents.

La logique de tirer le meilleur parti de tout est bien ancrée dans la culture commerciale dominante et a encouragé les comités de direction à se concentrer sur très peu de paramètres. Quelle que soit la puissance de la logique, au sein d'un système interconnecté qui fonctionne comme le « web de la vie », on éliminerait trop d'opportunités si on ne considérait comme critère majeur que le succès de quelques paramètres. Miser uniquement sur la cible la plus aisée pour un des paramètres, c'est être certain de ne pas atteindre un autre objectif. Imaginez un instant un arbre maximisant sa production de chlorophylle au détriment de son rôle dans la évapotranspiration ou une poule se concentrant exclusivement sur la ponte des œufs sans accorder d'attention à l'élevage des poussins. Il n'y a pas besoin d'être un biologiste pour se rendre compte que, dans l'une ou l'autre option, l'accent mis sur un ne sera pas seulement au détriment du système, mais nuira également aux moyens de subsistance à long terme de l'espèce elle-même.

Les outils que nous utilisons pour calculer la façon d'obtenir le meilleur rendement possible sont seulement capables de maximiser. Cela implique que nos mathématiques ne savent tirer le meilleur parti que d'une seule variable et sont incapables de minimiser les effets négatifs de cette maximisation. C'est le problème avec les mathématiques linéaires. Cela définit un point mort à atteindre, car nous ne voyons que le positif sans envisager l'impact négatif que nous avons. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles la gestion de la

production industrielle (maximisation) et l'objectif d'accroître les bénéfices et les marges entraînent des conséquences involontaires, causant des dégâts que nous ne prévoyons pas, mais qui néanmoins nous engagent, car nos outils de décision ne nous ont pas permis de détecter les dommages avant qu'ils n'apparaissent.

C'est pourquoi l'économie bleue parie sur le principe d'optimisation de la Nature, la recherche et la découverte d'un équilibre délicat entre tous les facteurs, dans le but de créer les meilleures opportunités, afin de partager les avantages avec tous.

Cette approche garantit que nous ne nous concentrons pas sur une seule cible, que ce soit la production ou du recyclage. Cela élimine les « angles morts » dans des projets qui, quoique générateurs de croissance, de profits et de parts de marché, peuvent également créer des conséquences indécelables et indésirables. C'est pourquoi l'économie bleue envisage toutes les entrées et sorties et crée un *système de systèmes* afin de pouvoir simuler tous les résultats possibles, y compris ceux inimaginables au départ. Voilà comment il est possible de créer « quelque chose à partir de rien », comme on le verra plus loin. Cela peut sembler magique, mais c'est plutôt un cas de (re)découverte de ce qui est là ou y était, ignoré – à la fois en tant que flux ou matière première – et porteur potentiel de revenus et d'énergie, lié par des phénomènes pas tous encore compris. Une fois que ces sous-systèmes sont répertoriés, il est possible de voir comment plusieurs initiatives, projets, entreprises et communautés sont capables de co-évoluer, tirant toujours plus d'avantages et éliminant continuellement les effets négatifs.

La puissance de l'économie bleue ne réside pas seulement dans la mise en œuvre d'un projet, mais plutôt

dans la création d'un ensemble d'initiatives interdépendantes qui évoluent, renforcent la capacité de mise en œuvre, réduisent les risques et optimisent la production de manière à générer plus d'avantages qu'un modèle linéaire, qui poursuit la maximisation du profit ou des parts de marché souvent au dépit des biens commun. La découverte des opportunités au sein de ces « poches » génère plus d'avantages (financiers et qualitatifs pour la société) en raison de la non-linéarité des boucles de « rétroalimentation » et de multiplicateurs tracés de manière transparente. Cette stratégie d'optimisation et de recherche continue de toujours plus de valeur génère un ensemble qui est plus que la somme des parties individuelles alors qu'un modèle linéaire n'est jamais que la somme de ses parties.

### *1.3. Optimiser et co-évoluer*

Afin d'améliorer continuellement le processus d'optimisation, l'une des questions directrices à poser régulièrement à toutes les personnes impliquées est : « *à partir de quand est-ce suffisant ?* ». Cela conduira à une culture où tous peuvent satisfaire leurs besoins fondamentaux, au lieu de se soumettre à un système où une minorité concentre le pouvoir dans le but d'accumuler de la richesse au-delà de ses besoins, décide de tout et partage des miettes des gains en les faisant passer pour de la générosité. Le modèle d'optimisation n'est pas généreux, il partage les valeurs générées par un processus intelligent et participatif, qui implique plus de diversité. Ce modèle d'optimisation participative conduit à la création d'un ensemble beaucoup plus important de ressources et de bénéfices, ce qui facilite l'engagement de tous dans une logique « gagnant-gagnant-gagnant ».

Les seules objections viendront de ceux qui étaient habitués à recevoir le maximum dans le jeu actuel « gagnant-perdant ».

Lorsque les entrepreneurs ou les innovateurs développent des opportunités autonomes basées sur la seule logique métier, pilotées par des gestionnaires concentrés sur leurs seules tâches et leurs étroites cibles, on constate rapidement que nous ne nous battons que pour des miettes. Leurs méthodes vont du positionnement du pain sur les étagères aux coupons offerts dans une campagne marketing pour stimuler les ventes des lessives avec des réductions de prix contre plus de volume. Ils évalueront les résultant en scrutant les augmentations de part de marché, surveillées à un dixième de point de pourcentage ! Le modèle d'optimisation, d'autre part, garantit un portefeuille de produits reliés aux mêmes endroits tout le temps. La stratégie visant à optimiser les paramètres multiples, passant du diptyque traditionnel maximum de profit et minimum de coûts à un optimum global, crée en plus un degré de liberté pour chacun en fonction du niveau de ses besoins[1].

Cette approche optimisée apporte la transparence et conduit à un dialogue ouvert – un modèle participatif – qui lui permet de s'intégrer au bon niveau de contenu, ce qui implique que, si les sous-systèmes sont optimisés, des ressources supplémentaires sont mises en place pour améliorer d'autres parties de système. Le niveau idéal est continuellement ajusté afin qu'il puisse évoluer en fonction des ressources disponibles et des

1. Pour plus d'information sur cette méthodologie il existe une présentation de Silvia Barbero de l'École
Polytechnique de Turin. (En anglais) : www.oecd.org/cfe/leed/45400153.pdf

niveaux souhaités de satisfaction d'une communauté toujours plus vaste et diversifiée qui satisfait plus de ses besoins fondamentaux et continue d'atteindre plus de son potentiel.

*1.4. Résister par la diversité*

La doxa pour réaliser des économies d'échelle, maximiser la production et le profit est de standardiser les achats et la production. La rationalisation de tout améliore le contrôle, fournit des résultats prévisibles et réduit les incertitudes, ce qui limite les risques pour l'entreprise. Les marques avec des copies parfaites de produits émergent partout dans le monde, où le goût et l'apparence ainsi que les performances et les services sont exactement les mêmes, répondant aux attentes bien définies des clients à un coût, une performance et une qualité préétablies. Cette approche de la standardisation absolue nécessite des chaînes logistiques étroitement contrôlées pour assurer la prévisibilité du produit ou du service. Bien que cela réduise le risque perçu pour le consommateur, l'ensemble est très fragile et manque singulièrement de résilience. Il y aura évidemment des surprises en cours de route et l'inattendu est inévitable, allant d'une grève à une catastrophe naturelle ou une panne technique. Peut-être que l'un des fournisseurs va fusionner avec le fournisseur d'un concurrent et des relations commerciales privilégiées seront perdues, à moins que cela n'annonce des économies d'échelle plus grandes et des prix d'achat en baisse.

C'est malheureusement rarement ce qui se passe comme le démontre le cas du réfrigérateur. En 1995, un réfrigérateur coûtait 750 euros et avait une durée de

vie de 20 ans, d'ailleurs le fabricant local proposait une longue garantie. En revanche, un réfrigérateur d'importation ne coûtait que 600 euros. Il n'était donc pas « rentable » de choisir le réfrigérateur local. Malheureusement, celui importé devait être remplacé au bout de dix ans, par une version meilleure et moins chère (500 euros). De son côté le réfrigérateur « local » voyait son prix chuter à 600 euros (hélas toujours insuffisant pour concurrencer le prix de son concurrent). Le second réfrigérateur étranger était rapidement dépassé et, avant 2015, devait être remplacé. Heureusement, la dernière version était offerte pour 400 euros. Pendant ce temps, le fabricant local avait fait faillite.

Chaque décision à chaque moment avait été la plus judicieuse, mais, au final, la dépense totale en 20 ans pour les trois réfrigérateurs étrangers aura été de 1 500 euros (600 euros en 1995 + 500 euros en 2010 + 400 euros en 2015). Il s'agit du double du montant qui aurait été payé au fabricant local, pour un appareil qui aurait duré 25 ans. Pire encore, les 750 euros seraient restés dans l'économie locale, alors que les 1 500 euros ont quitté le territoire ne laissant sur place que les carcasses industrielles à éliminer et retraiter. L'idée selon laquelle le moins cher est le meilleur pour l'économie est une analyse à court terme, qui garantit en fait que l'économie locale se contracte et que les déchets s'accumulent. Cela introduit le concept des externalités environnementales. Les déchets générés par la production et l'élimination de trois appareils ne sont pas de la responsabilité du fabricant. La disparition des emplois dans l'usine locale, qui produisait mieux et faisait vivre la région, est également une externalité pour l'entreprise exportatrice qui, au final, n'a aucune

responsabilité (alors même qu'elle a « tué » son concurrent local).

Pour permettre un tel système, le fabricant va devoir investir massivement pour assurer le bon fonctionnement de toutes les opérations, y compris une gestion financière pointue gouvernée par des prévisionnels et des budgets. Une baisse du taux de croissance économique de la Chine de 8 à 5 % et c'est la panique, avec un ralentissement mondial imminent. Mais les grandes institutions financières sont trop grosses pour faire faillite et c'est à la Société de les maintenir à flot. Par conséquent, les syndicats doivent être « tenus » et le droit de grève doit être réduit. Bien qu'il n'y ait pas de libre circulation du travail, il doit y avoir libre circulation des marchandises, afin d'accéder à de la main-d'œuvre bon marché ailleurs. Et puisque le pétrole et le gaz sont le lubrifiant de cette économie, il est nécessaire de contrôler les routes commerciales pour approvisionner en pétrole brut – et rien ne peut être laissé au hasard. D'où la nécessité pour le gouvernement de compter sur la force militaire chaque fois que le système est menacé.

Les systèmes naturels fonctionnent dans des conditions très différentes : la norme est la diversité, en fonction principalement des flux locaux de matières, de nutriments et d'énergie, en veillant à ce que tout ce qui est nécessaire puisse être fourni par de multiples sources tout le temps. Le système, et non uniquement le fournisseur, est capable de fournir des matières premières, des produits intermédiaires, des produits finis et des services, et pour faire face à une difficulté des réserves sont prévues. En cas d'interruption, le système réoriente toutes les exigences de base pour s'assurer que l'écosystème survivra. L'approche de l'économie bleue

suit la même logique. La résilience ne peut être obtenue à partir d'une structure puissante avec des points de contrôle rigoureux pour vérifier toutes les variables. La résilience est créée en adoptant la diversité – à la fois la biodiversité et la diversité culturelle – représentant l'écosystème et les systèmes sociaux, en s'appuyant sur les communautés locales.

L'économie bleue assurera toujours, à travers sa conception, que tous les royaumes de la Nature font partie de la cascade de matières, de nutriments et d'énergie. Les systèmes industriels basés sur l'économie bleue ne doivent pas imiter exactement les mêmes systèmes écologiques, mais la même logique s'applique. Selon les sciences biologiques actuelles (qui sont toujours ouvertes à l'amélioration), la vie sur terre se compose de cinq grandes familles distinctes, également connues sous le nom de règnes : plantes, animaux, mycètes, monères (bactéries) et protistes (algues). Un écosystème recycle et cascade les matières, les nutriments et l'énergie par des flux continus et des pauses. Plus la diversité de la vie dans un écosystème est grande, plus le système devient efficace, une augmentation de la diversité permet également une amélioration de la résilience. Si un écosystème ne dépend que d'un nombre limité d'espèces, la perte d'un seul impact affectera toute la communauté. Un écosystème prospère grâce à un large éventail de biodiversité et sera plus fort dans sa capacité à résister au stress et se remettra de l'adversité plus rapidement. Mieux, les écosystèmes sont sur un chemin évolutif et symbiotique infatigable, toujours à la recherche de nouvelles efficiences et toujours préparés à créer de nouveaux composants.

Un exemple de cascade réussie est celui de la croissance des champignons (règne des mycètes) sur les

résidus produits par le café (règne des plantes). Les résidus de café étaient dès le début considérés comme un substrat idéal, car ils ont été stérilisés pendant la percolation, ce qui permet d'économiser de l'énergie. Après avoir récolté les champignons, le substrat devient une alimentation animale enrichie en acides aminés. L'animal (règne des animaux) se nourrit désormais de champignons et de plantes, qu'il digère et défèque. C'est une substance qui est une alimentation idéale pour les bactéries (règne des monères), à la fois dans un environnement aérobie et anaérobie. Les bactéries extraient encore plus de nutriments des déjections animales. Ce matériau digéré est maintenant minéralisé et devient une nourriture pour des micro-algues (règne des protistes). La recherche de cette mise en cascade, qui continue indéfiniment, nous aide à comprendre comment les fermes, les abattoirs et les boulangeries peuvent être réinventés. Il est facile de voir comment la croissance, la suffisance et l'évolution vers la résilience entraînent une productivité toujours plus grande. L'efficacité en termes d'énergie et de nutrition est sans commune mesure avec ce que n'importe quel système d'approvisionnement alimentaire, même avec des OGM ou des cultures en laboratoire, peut proposer. Cette logique ne s'applique pas seulement aux ressources biologiques, mais elle peut également être utilisée pour imaginer des matériaux inertes en utilisant la même logique de cascade. Une bouteille en verre peut être utilisée pour fabriquer du verre cellulaire (en utilisant du CO2 comme agent réactif), devenant un matériau de construction, un chevalet pour l'agriculture hors-sols ou un abrasif pour décapage de peinture. L'utilisation de mousse

de verre[1] garantit une création continue de valeur, car elle remplace des matières extraites des mines et expédiées dans le monde entier. Ce verre recyclé est capable d'éliminer le besoin en retardateurs de feu ou en peinture et crée un réseau de production et de consommation plus efficace (avec l'avantage supplémentaire d'éliminer les composants toxiques auxquels les personnes sont exposées au quotidien). Ces deux cas, cités comme exemples de cascade de domaines biologiques et minéraux, se moquent de la notion de cœur de métier.

Au lieu de se concentrer sur une seule production et de tout faire pour réduire les coûts et rationaliser l'offre, les occasions de créer plus de diversité et beaucoup plus de valeur avec les ressources disponibles localement diminuent la nécessité de maintenir des stocks ou de construire des centres logistiques, réduisent les risques et augmentent la résilience. La logique de la résilience grâce à la diversité repose sur la capacité d'englober de multiples flux de matières premières, de multiples produits et services ainsi que de multiples résidus dans l'économie locale – qui sont rapidement récupérés comme sources de valeur par de multiples acteurs du système.

Ces nouvelles connexions construisent un réseau renforcé par le nombre croissant de joueurs et de participants. Cela offre une chance de répondre à de nombreux besoins de base, avec des ressources disponibles localement et à chaque fois en deçà de la capacité de

1. Pour plus d'information, consulter l'étude de cas (en anglais) : www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_103_glass_landfill_construction_final.pdf

charge, en remplaçant ce qui n'est pas nécessaire (et toxique) et en créant plus de valeur par rapport à ce qui est disponible. Cela réduit les risques et crée une résilience – et c'est d'ailleurs ce que démontrent tous les jours les écosystèmes avec leur capacité à créer quelque chose à partir de ce qui semblait n'être rien.

### *1.5. Aller au-delà du bio (et du biodégradable)*

Le mouvement vert a pris de l'ampleur en soulignant la dépendance à l'égard du pétrole et de la pétrochimie. Les écologistes ont exhorté les sociétés et l'industrie à rechercher une voie sans pétrole. L'une des conséquences est que les produits ont de plus en plus été jugés sur leur toxicité et leur biodégradabilité. Les produits chimiques comme le Téflon (la surface antiadhésive préférée des ustensiles de cuisson) et les composés bromés (ignifuges) sont fonctionnels, mais l'utilisation répandue de ces molécules comporte néanmoins de nombreuses conséquences imprévues. Les plastiques, ayant une vie de milliers d'années, ont été identifiés à juste titre comme incompatibles avec nos modèles de consommation. Comment est-il possible qu'une bouteille d'eau, composée de polyéthylène (PE) avec un bouchon de polypropylène (PP), dont la demi-vie[1] est d'une centaine d'années, soit la norme, alors que l'utilisation fonctionnelle de cette bouteille est de quelques semaines ? Passer à l'élimination de la toxicité et à l'imposition de la biodégradabilité était logique.

La durabilité dépend cependant d'un peu plus que de la biodégradabilité : les matières premières doivent

---

1. La demi-vie est le temps mis par une substance (molécule, médicament ou autre) pour perdre la moitié de son activité pharmacologique ou physiologique.

également être issues d'une source renouvelable. La conscience dont nous avons fait preuve pour bannir la toxicité et privilégier une consommation durable exige maintenant de prendre conscience du fait que même si les matériaux sont « verts », leurs sources ne devraient pas épuiser les stocks existants ou aller au-delà du taux naturel de remplacement. C'est ainsi que la notion de capacité de charge a été introduite. Si production et consommation doivent éviter les conséquences imprévues et être naturelles et sociétales, nous devons aussi aller au-delà de ces principes fondamentaux et communément acceptés.

Lors de la fabrication de détergents fabriqués à partir d'huile de palme, j'ai tout d'abord défendu que ces produits étaient biodégradables et issus d'une source renouvelable. En outre, ces produits étaient fabriqués dans une usine écologique, construite en bois, avec, à l'époque, le plus grand toit végétalisé de l'industrie. Encouragée par une réussite marketing, la demande pour ces produits augmentait constamment. Une conséquence involontaire était l'accroissement à proportion de la demande pour les matières premières naturelles utilisées dans le processus de fabrication. Cela nécessitait pour moi, comme pour mes concurrents, des millions d'hectares de plantations de palmier à huile, entraînant la destruction de vastes étendues de forêts tropicales et l'élimination de l'habitat de l'éléphant de Bornéo et de l'orang-outan. Être confronté à cette dure réalité m'a motivé à rechercher de nouveaux modèles commerciaux, basés sur infiniment plus que de produire uniquement ce qui est biodégradable, renouvelable, bio ou sans travail des enfants. Je me suis alors posé cette question centrale : puis-je me contenter de

l'option du « moins pire » ou suis-je prêt à m'engager à 100 % dans une démarche visant au bien commun ?

Par rapport à l'ancienne norme des tensioactifs pétrochimiques, ces produits biodégradables et renouvelables étaient moins néfastes. La fonction du savon consiste à réduire la tension superficielle de l'eau pour éliminer la saleté, mais une diminution prolongée de la tension de l'eau a un effet négatif sur la vie aquatique. Les produits biodégradables et renouvelables étaient quatre ou cinq fois moins nocifs pour les grenouilles et les poissons. Ce n'était clairement pas suffisant, surtout que le succès augmentait la consommation globale. Du fait de cet « effet de rebond », l'impact global total devenait bien pire qu'auparavant. Comment sauver la vie aquatique en Europe en détruisant la forêt tropicale en Indonésie ? J'en ai tiré la leçon que les modèles commerciaux durables doivent aller au-delà des normes évidentes définies précédemment.

Sur la base de ma propre expérience, et en tant que défenseur de l'agriculture biologique, j'ai commencé à remettre en question la certification des produits biologiques. Des termes tels que « *bio* » impliquent l'élimination des engrais synthétiques, des pesticides et des herbicides. La certification a été un pas en avant. Mais savoir qu'il n'y a pas des produits chimiques n'offre malheureusement aucune information ou indications sur ce que le produit contient ou sur ce qu'il va offrir au consommateur. Je ne veux pas découvrir que des dommages collatéraux sont créés par le processus de fabrication et de consommation et je ne sais pas comment des défauts ont été réduits. Pour le dire autrement, dans quelle mesure est-il écologique d'expédier des produits biologiques dans le monde avec un coût élevé des émissions ?

J'ai étudié la question plus en détail et j'ai conclu que nous devions adopter les principes de l'autopoïèse et de la diversité afin d'aller au-delà des produits issus de l'agriculture biologique. Cette approche a été testée à de nombreuses reprises et maintenant elle est lancée à grande échelle avec la mise en œuvre du « projet thé » en Assam, où une série d'initiatives dans une plantation de thé biologique a stoppé le ruissellement de produits chimiques dans le Parc national de Kaziranga (célèbre pour ses colonies de rhinocéros, un autre site du patrimoine mondial de l'Unesco), mais a aussi réduit la productivité en raison du mauvais état du sol. Le projet mis en place (et qui va se continuer pendant des décennies à venir) s'appuie sur la décision audacieuse de créer la plus grande ferme de thé biologique en Inde et aussi des initiatives de développement économique dans la zone, comme par exemple la création d'emplois pour lutter contre le braconnage dans le parc[1].

Ces observations m'ont motivé, dans le contexte de l'économie bleue, à dépasser la question des labels Bio. Je devais rajouter la question suivante : « Qu'y a-t-il dans le produit et le processus de production qui rend ce produit durable ? » Mes réflexions m'ont amené, à cet égard, à regarder la culture, les traditions, la santé et tout ce que nous associons à la richesse des communautés et à la biodiversité environnementale autour de nous. Est-ce que ce produit alimentaire produit de manière biologique régénère également le sol ? Est-ce que cet aliment certifié produit biologique améliore la richesse de la biodiversité ? Ou n'est-ce qu'un autre produit de masse, comme ceux cultivés partout dans le

1. Pour en savoir plus lire (en anglais) : www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_111_tea_and_park_in_assam_1_2016.pdf

monde, en raison de la normalisation de la production et de la consommation ?

Les normes importantes établies dans les années 60 pour les produits verts et biologiques, auxquelles nous avons tous adhéré, étaient, à l'époque, un excellent objectif. Si nous souhaitons vraiment être durables et capables de répondre aux besoins fondamentaux de tous, alors nous devons aller bien au-delà[1]. La vraie grande question est difficile : « Nos méthodes de production et nos modes de consommation mettent-ils la Nature sur un chemin évolutif et contribuent-ils localement à la résilience, au capital social et aux communs ? ». Une fois que nous pourrons répondre « oui » aux deux parties de cette question, nous aurons dépassé les aspects organiques et biodégradables. Cette attitude et cette culture allant toujours au-delà de ce que nous savons, en faisant mieux que ce que nous avons fait auparavant et dépassant ce que nous avons imaginé possible, forment l'essentiel de l'éthique du travail de l'économie bleue. C'est pour cela que la logique fondamentale derrière l'économie bleue est l'inspiration puisée de l'observation de la Nature.

## 2. Changer les règles du jeu (des affaires)

On dit parfois que les trois plus grandes inventions de l'humanité sont : le panier pour porter la nourriture et les bébés, l'aiguille pour coudre des pièces ensemble et... la bureaucratie. Les sociétés se sont embarquées dans

1. Lire cette intéressante contribution de la Royal Society sur l'agriculture biologique (en anglais) : www.rstb.royalsocietypublishing.org/content/364/1526/2127

des règles et de régulations issues de la culture et des traditions. Au fil du temps l'introduction de nouvelles lois nationales et de réglementations internationales a façonné nos activités, guidé nos actions et restreint nos libertés. De nombreuses de ces règles ont été introduites à une époque qui ne connaissait pas le changement climatique. Au Royaume-Uni, des réglementations vieilles de plus de 200 ans sont toujours en place. Le désir de tout faire rentrer dans un cadre bien défini a parfois (souvent) abouti à des aberrations. La Déclaration d'Indépendance des États-Unis compte 1 300 mots, mais la Directive Européenne concernant le commerce des choux dépasse 26 900 mots. Aujourd'hui tout ce qui est permis est réglementé. Plus grave encore, les lois ne sont pas souvent mises à jour, chaque changement étant combattu par ceux qui ont un avantage technologique ou institutionnel. Cela nous oblige, non pas à enfreindre la Loi, mais à créer de nouvelles règles du jeu.

Les lois de la physique sont prévisibles et fournissent le cadre dans le lequel le cycle des saisons et l'équilibre des écosystèmes changent continuellement. Le modèle traditionnel adore contrôler tout, ce qui rentre comme ce qui sort, les ventes et les marges. Il le fait avec force prévisions, rapports trimestriels et comparaisons par rapport au budget prévisionnel. Nous sommes maintenant familiers de l'effet papillon où un petit changement (le battement des ailes d'un papillon) dans une partie du monde entraîne un changement majeur ailleurs (un ouragan). Même lorsque les entreprises tentent de contrôler tous les facteurs possibles et ont analysé la chaîne logistique (pour renforcer les contrôles), il existe encore tant de variables qu'elles ne pourront jamais exercer un contrôle absolu. Ni les systèmes de planification de l'économie marxiste, ni les

multinationales dans l'économie de marché, avec leurs plans budgétaires et quinquennaux, ont réussi à mettre un terme aux changements causés par la cyclicité des marchés, des modes et des changements climatiques.

L'économie bleue embrasse le changement et les conceptions dans une perspective de changement continu. Les modèles commerciaux qui émergent sont ouverts aux changements et prêts à être améliorés. Le changement est souvent considéré comme un risque parce qu'on respecte une stratégie commerciale simpliste – basée sur le cœur de métier, les compétences clés et un ensemble de paramètres qui en découlent (résultat, profit, part de marché). Tout ce qui peut causer ou conduire à des changements imprévus sera considéré comme un risque qui devrait être évité à tout prix. En conséquence, la plupart des entreprises sont opposées au risque induit par le changement. Si des améliorations sont apportées, il est probable que ce sera par petites touches à la marge. Comme toutes les innovations radicales ou les « bonnes idées » sont associées à des risques élevés, nous restons incapables de réaliser des transformations majeures dans les entreprises et dans la société, même, lorsque c'est nécessaire pour la communauté et les écosystèmes, même après avoir réalisé les conséquences imprévues et même quand on aperçoit des opportunités cachées jusqu'alors.

L'économie bleue adopte une approche radicalement différente. Nous regroupons plusieurs innovations simultanément dans la technologie de production, les systèmes de revenus et l'interaction avec la communauté au point où nous innovons, en créant de nouveaux modèles commerciaux. L'innovation et les portefeuilles d'innovation offrent l'opportunité non

seulement de modifier les règles du jeu, mais aussi de créer un ensemble de règles complètement nouvelles qui rendent obsolète la logique métier vis-à-vis des risques et de la cible unique. C'est ainsi que nous sommes en mesure de suivre rapidement les approches créatives, sans craindre un contrecoup de ceux ayant des intérêts bien en place.

Cela nécessite de comprendre que plus d'innovations – mises en œuvre en réseau – diminuent les risques uniquement pour ceux qui acceptent de changer les règles écrites et non écrites du jeu. Si l'on joue suivant les règles où seulement quelques joueurs dominent le marché, comme c'est le cas dans la plupart des secteurs, l'innovation peut être considérée à juste titre comme un risque élevé et à éviter. Le regroupement d'innovations, d'autre part, permet de proposer gratuitement certains produits de base, créant ainsi de nouveaux communs, bénéficiant par là d'un large soutien populaire, car les gens apprécient la gratuité de tout ce qui est nécessaire à la vie.

Cette approche de la conception de nouvelles entreprises peut également permettre de récupérer la capacité des systèmes de production et de consommation à répondre aux besoins fondamentaux en proposant, sans coût supplémentaire, ce qui est le plus important pour la santé et la qualité de vie. Deux exemples de ces modèles, où de multiples innovations ont entraîné des changements fondamentaux d'un « David terrassant Goliath », sont la fourniture d'eau potable pure gratuite à la population locale de Las Gaviotas en Colombie (où l'eau est produite et filtrée suite à la régénération de la forêt tropicale) et la fourniture de couches gratuites aux familles avec bébés grâce à la

création d'un sol « haut de gamme » pour la plantation d'arbres fruitiers[1].

Changer les règles du jeu n'est pas fondamentalement radical ou révolutionnaire. Il s'agit plutôt d'un nouveau choix pour identifier des opportunités, démarrer et exploiter la production, la livraison et la consommation afin d'accroître l'efficacité et d'améliorer la capacité de réponse aux besoins fondamentaux de tous.

– Il s'agit notamment d'une nouvelle approche des problèmes, en considérant que les problèmes et les défis ne sont pas isolés.

– Nous aurons alors tendance à remettre la Nature sur son chemin évolutif et symbiotique, en comprenant les forces inhérentes qui nous permettent d'obtenir des résultats durables et des résultats à court terme.

– C'est pourquoi la conception du système visera à renforcer les communs. Une fois que les communs seront rétablis, le système global sera plus résistant et plus facile à utiliser.

– Cela nous donne la plate-forme pour s'assurer que les besoins fondamentaux dans la société sont satisfaits.

– Une stratégie qui sera appréciée par tous dans la communauté en utilisant uniquement ce qui est localement disponible. Il est clair que cette approche modifie la logique de chaîne logistique, avec des options de couverture et d'acceptation de ce qui n'est pas le standard du marché. En fait, nous imposons des innovations qui vont au-delà des améliorations.

– Nous nous efforcerons de remplacer ce qui est traditionnellement utilisé par quelque chose qui est

---

1. Pour plus d'information sur les changes-bébé, voir la vidéo suivante (en anglais) : www.zeri.org/diapers.html

complètement différent. C'est ce que nous appelons « remplacer quelque chose par rien ».

– Enfin, alors que nous nous concentrons sur les entreprises rentables, nous ne devons pas perdre de vue que le but ultime est d'être heureux et en bonne santé.

Alors que beaucoup de gens sont prêts à souscrire à ces objectifs, nous avons rarement rencontré des entrepreneurs et des chefs d'entreprise capables de mettre en pratique ce souhait. C'est peut-être la plus importante nouvelle règle du jeu.

### *2.1. Interconnecter les problèmes crée des opportunités*

Le principe selon lequel « les problèmes sont des opportunités » est un proverbe séculaire qui existait déjà dans la Chine ancienne. Peter Drucker, le gourou de la gestion, a popularisé ce concept dans les années 70. L'économie bleue va plus loin. Beaucoup ont observé au cours des années que lorsque nous essayons de résoudre un problème, nous créons par inadvertance de nouveaux problèmes, connus comme des conséquences involontaires. Bien que nous ne voulions jamais causer de dégâts, notre tentative pour résoudre un problème sans avoir la capacité d'en comprendre les ramifications tant à la fois sociales et écologiques génère... de nouveaux problèmes. Par conséquent, face à un problème, l'économie bleue propose d'identifier et de reconnaître d'autres problèmes dans le même domaine. Alors que, à première vue, des problèmes non liés sont principalement interconnectés par des liens invisibles, nous découvrons bientôt qu'ils font partie de la même symbiose. À moins de s'imposer la discipline de découvrir des influences inconnues, ces connexions cachées

restent inaperçues et, en conséquence, peuvent être difficiles à débrouiller et à corriger. Nous proposons donc de cartographier les problèmes et de faire le point sur leurs ramifications.

Le besoin de se concentrer sur le système, qui est constitué de réseaux de sous-systèmes, est devenu évident lorsque j'ai été confronté en octobre 1993 à la destruction de la forêt tropicale, l'habitat de l'orang-outan et de l'éléphant nain. Même si j'avais soigneusement choisi des ingrédients biodégradables et renouvelables fabriqués dans une usine écologique visant « zéro émissions » dès 1991, je dus admettre que, pendant que nous nettoyions les rivières en Europe, nous créions des ravages en Indonésie. En d'autres termes, j'ai appris de la manière la plus dure que, même si les produits sont biodégradables et renouvelables, ils ne sont pas nécessairement durables. Dès que j'ai été conscient de la destruction causée, si j'avais continué à prétendre que, bon an mal an, je réduisais l'impact négatif, les conséquences imprévues se seraient transformées en dommages collatéraux. C'est contraire à l'éthique ! C'est à partir de ce moment-là que j'ai consacré du temps et des efforts à la création d'alternatives, comme la production de détergents à partir d'extraits de peaux d'agrumes, un résidu de la production de jus. Si nous sommes prêts à consacrer du temps et des ressources et à nous engager au-delà de la science établie, on peut démontrer que même les dommages causés peuvent être annulés.

Chaque fois que nous découvrons ces conséquences inattendues, nous devons nous concentrer sur les opportunités, en utilisant tous les principes décrits avant et après. La clé n'est pas d'identifier une opportunité, car tout est interdépendant ; les problèmes interconnectés

dévoileront un portefeuille d'opportunités. L'avantage est que notre approche de l'analyse et de la globalité proposera de nombreuses façons nouvelles et créatives qui n'ont jamais été remarquées quand on cherchait exclusivement à résoudre le problème sur lequel tout le monde avait les yeux rivés. À chaque fois que nous pourrons concevoir une série d'initiatives interconnectées au réseau social et à la toile de la vie, grâce à ces synergies, les chances de succès seront élevées.

Une cascade d'énergie, de matières et de nutrition, combinée aux opportunités locales, crée un éventail d'initiatives potentielles que nous pouvons cartographier pour toute la communauté, la ville ou la région. Nous pouvons quantifier les enjeux et convertir les nombres négatifs en faits et en chiffres positifs. Étant donné qu'ils sont interconnectés par des boucles de « rétroalimentation » et des effets multiplicateurs, les risques sont plus faibles, la rapidité de mise en œuvre est plus grande et l'impact permet une transformation radicale de la réalité dont nous sommes saisis. Nous habilitons les gens à prendre des actions mineures dans leur sphère d'influence alors que l'impact se répercute dans tout le système. C'est vraiment apprendre en faisant.

Une fois que nous avons créé ce portefeuille d'opportunités et que nous avons compris comment ces dernières sont connectées, les partenaires locaux sont les premiers à être intégrés. Ceci est facilité par une nouvelle technique de négociation qui permet de parvenir à un consensus sans avoir à négocier : cela consiste à choisir l'opportunité prioritaire parmi l'abondance d'opportunités sachant que chacun s'engage pour sa part puisque les autres se sont engagés pour la leur. Une fois la clarté atteinte, il ne reste qu'une seule option : mettre en place avec le soutien de tous. C'est

pourquoi il y a si peu de chances d'échec : tout le monde est engagé et comprend que, si les premières étapes marchent, les suivantes seront plus faciles, fortes et *impactantes*. La sélection des objectifs prioritaires ne signifie pas que les autres sont abandonnés. Le pouvoir des systèmes est que vous pouvez commencer avec n'importe quelle priorité (celle qui vous semble la plus pertinente) sachant qu'en fin de compte toutes peuvent être mises en œuvre. C'est ainsi que l'autopoïèse peut être intégrée dès la conception, ainsi que l'engagement de tous ceux prêts à faire les premières étapes.

Cette focalisation sur la création d'un portefeuille d'opportunités offre, sans surprise, une réponse mesurée et pragmatique aux problèmes répertoriés. Cependant, au lieu d'essayer de trouver une solution à un problème, en suivant la logique des causes et des effets, en traitant souvent les symptômes et non les causes profondes, nous réorientons les flux d'énergie existants et le financement pour la mise en œuvre de ce qui compte le plus : s'assurer que tout le monde satisfasse ses besoins fondamentaux en matière d'eau, de nourriture, d'abri, de santé, d'emploi et d'éducation. C'est ainsi que nous pouvons transformer la pénurie en suffisance, et finalement en abondance.

Le projet DYCLE[1] (cycle des changes) imaginé à l'origine par Ayumi Matsuzaka, un artiste japonais résidant depuis une décennie à Berlin, en tant que projet de compostage des couches-bébé, est un cas typique pour transformer un problème en un éventail d'opportunités. Les problèmes causés par les couches sont bien connus : excès de volume en décharge, sur-utilisation

---

1. De *Diaper* (couche-culotte) et *Cycle* (cycle). On peut consulter le site internet (en anglais et allemand) : www.dycle.org

de super-absorbants non dégradables qui polluent ou même détruisent la vie aquatique, problèmes urinaire des bébés, irritations de la peau... Ces problèmes issus d'une même origine deviennent un portefeuille d'opportunités. De nouvelles couches en fibres naturelles de bambou et en bioplastiques conçues sans les absorbants synthétiques et doublées avec du charbon végétal sont recyclées dans un seau couvert de champignons qui accélèrent une biodégradation bactérienne. Une fois par semaine, les parents livrent leurs seaux à un point central de collecte. Les couches sont alors mélangées à des résidus organiques supplémentaires et sont transformées en « terres noires » (*terra preita*), un anthrosol plus riche que le compost du fait de sa haute teneur en carbone et nutriments. Un bébé produit chaque année assez de terre noire pour la culture de mille arbres fruitiers qui seront plantés en ville. Après dix ans, chaque arbre fruitier produit en moyenne 50 kg de fruits, de sorte qu'un groupe de 100 bébés permet la culture durable de 5 000 tonnes de fruits. Un problème de décharge devient une abondance de fruits frais. À terme, à condition qu'il y ait suffisamment d'espaces agricoles disponibles, il y aura aussi une séquestration massive du carbone, une réduction des besoins en transport, une baisse des émissions de méthane des décharges. Une utilisation accrue de ces couches livrées gratuitement, car l'argent provient des arbres et des fruits, améliore la santé et réduit les problèmes cutanés sans même avoir à essayer des solutions naturelles. La clé dans l'économie bleue n'est pas de trouver un remède à un symptôme, c'est de remplacer un système par un autre système.

L'utilisation et l'élimination des couches deviennent une initiative soutenue par une communauté locale, il faut des parents avec 100 nouveau-nés dans le même

quartier pour que cela fonctionne. C'est cette approche systémique qui garantit que les problèmes interdépendants sont convertis en portefeuilles d'opportunités. Grâce à la conversion des changes-bébé en terre noire, la production de fruits crée environ 4 emplois pour 100 bébés, tout en évitant à une ville une avalanche de déchets en plastiques non dégradables. Quand on sait que dans la ville de Berlin 100 000 bébés utilisent des couches tous les jours, nous réalisons rapidement comment une décision prise par 100 parents commence à bouleverser un système, contournant des fournisseurs traditionnels, évitant des arbres génétiquement modifiés, simplifiant la chaîne logistique et la consommation de carburant et d'énergie qui va avec, et dynamitant la gestion des déchets pour des familles et des villes.

### *2.2. Remettre la Nature dans le sens de son évolution*

L'émulation des systèmes naturels, où les problèmes interconnectés créent des portefeuilles d'opportunités, nous permet d'imaginer comment la société pourrait être transformée par les actions menées par la population. Cela offre également des idées nouvelles sur les façons dont nous pouvons mettre et maintenir la Nature sur son chemin évolutif. Au fur et à mesure que les gens prennent de plus en plus conscience des dommages environnementaux déjà causés (et de ceux qui continuent de se faire), nous entendons toujours plus parler de polluer moins et des engagements à prendre pour réduire l'impact de l'industrie sur l'environnement. Comme la plupart des gens semblent ignorer l'ampleur et l'intensité des ravages causés, ils ne sont pas capables d'atténuer les dommages provoqués. La

meilleure solution est de prendre des mesures pour réduire l'impact négatif. Ce n'est tout simplement pas assez.

La première raison pour laquelle le fait de faire moins de mal (comme cela est pratiqué à ce jour) est, une fois encore, un problème d'effet de rebond. Alors que quelques-uns peuvent décider de mesures positives pour réduire l'impact, le principal problème auquel nous sommes confrontés est mathématique : la population mondiale augmente et de plus en plus de citoyens du monde aspirent aux mêmes modes de consommation de la classe moyenne des pays qui sont à l'origine du problème. Au lieu de fixer des objectifs pour faire moins de dégâts, notre priorité devrait être de s'assurer qu'aucun dommage n'est effectué. Au lieu de faire moins de ce qui est nuisible, nous ne devrions causer aucun dommage. Un criminel n'est pas récompensé pour avoir limiter le nombre de ses vols ! Est-il raisonnable d'attribuer des trophées et des « *awards* » à une entreprise qui a moins pollué ? Voler moins c'est toujours voler ; polluer moins c'est encore polluer. Le fait de causer moins de dégâts environnementaux cause toujours des dégâts. Comment pouvons-nous alors être satisfaits de simplement réduire les émissions et les déchets ?

Nous devons comprendre les façons dont nos actions, qui ont souvent des effets négatifs involontaires et imprévus, pourraient avoir une série d'effets positifs. Nous devons étudier les façons dont les nouveaux modèles commerciaux peuvent évoluer de la minimisation des dommages à la neutralité (où zéro émission est le but), puis de la neutralité à la création d'effets positifs dont tous bénéficieront. En apprenant de la Nature, en imitant les systèmes naturels, en réalisant que les problèmes interconnectés sont des portefeuilles

d'opportunités, nous pouvons concevoir une société où les besoins fondamentaux de tous sont satisfaits.

Nous ne devrions pas seulement être inspirés par la Nature, mais nous devrions également lui permettre de suivre son cours. Le meilleur moyen est de faire en sorte que la Nature maintienne son chemin évolutif et symbiotique, lui permettant de déployer sa propre dynamique. La Nature, qui se compose d'une série d'écosystèmes et qui fonctionne selon les lois établies, évolue toujours de la pénurie à l'abondance, s'adaptant continuellement aux environnements changeants qui sont façonnés par les modifications dans l'univers. Le principe de conception est le suivant : tout ce que nous faisons pour créer un nouveau modèle de production et de consommation répondant aux besoins fondamentaux de tous devrait, en même temps, permettre à la Nature de maintenir le chemin évolutif qu'elle a poursuivi avec succès pendant des millions d'années, malgré toutes les calamités et les adversités. Et si ce cheminement a été interrompu, il faut tout faire s'y engager de nouveau.

La première étape consiste à faire en sorte que nos processus industriels et nos habitudes de consommation évoluent de la normalisation et des monocultures à la diversité. Le pouvoir des systèmes naturels réside dans le dynamisme de la biodiversité. Plus de biodiversité augmente le nombre de relations, ce qui renforce la résilience et augmente la productivité du système en améliorant le flux de matières, de nutriments et d'énergie.

Lorsque les pins ont été plantés dans la première étape du projet Las Gaviotas, la Nature a rapidement fait usage des nouvelles conditions physiques créées. En une décennie, la biodiversité est passée de 17 espèces végétales (dont 11 espèces non-indigènes) à 256 espèces

végétales. Les espèces non-indigènes ont été éliminées naturellement par un processus d'éviction initié par des herbes indigènes, des buissons et des arbres mieux adaptés à la région. Le sous-bois épais reconstitué a permis de conserver l'humidité et les nutriments ; les colonies prospères de fourmis et de termites ont reconstitué le sol profond avec des nutriments, ce qui a contribué à l'amélioration de la filtration et de la minéralisation de l'eau. Alors que la faune s'épanouissait et que la flore fleurissait, une eau potable pure et abondante pouvait être offerte à la communauté locale, améliorant la santé de tous.

Le moment est venu d'aller au-delà de la réalisation d'une vérification de l'impact sur l'environnement. Est-il judicieux de documenter les dégâts infligés et les mesures prises pour limiter les dommages, alors que nous devrions éliminer tout dommage ? La question que nous devrions poser est : « *Est-ce que nous permettons à la Nature de maintenir son chemin évolutif ?* » C'est dans notre (meilleur) intérêt de le faire. Nous devons évoluer à partir de la prise de conscience des dommages causés par l'éradication de la biodiversité du fait de nos modèles économiques actuels à la mise en œuvre d'un nouveau modèle d'entreprise, qui garde à l'esprit qu'elle aide à maintenir et remettre la Nature sur son chemin évolutionnaire.

### *2.3. Conserver la gratuité et la propreté des* communs

Les théories économiques veulent nous faire croire que tout ce qui est indispensable à la vie doit avoir une valeur, mais on constate vite que la Nature fonctionne différemment. Une fois que l'on aura admis que nous

avons la possibilité de transformer des problèmes interconnectés en de multiples opportunités (tout comme ce que fait la Nature), nous pourrons répondre au besoins fondamentaux de tous, avec des produits et des services gratuits et bons pour l'ensemble du système et nous pourrons permettre à la Nature de reprendre son évolution. De nombreuses communautés ont appliqué avec succès les principes de gratuité des biens et des services comme par exemple venir en aide aux orphelins, aux malades, aux personnes âgées ou aux infirmes, ou lors de catastrophes naturelles. C'est ce nouveau terme de communs que j'ai introduit un peu plus tôt[1].

Et pourtant l'économie traditionnelle pense que tout à un prix. L'idée est de contrôler les déchets (alors qu'il pourrait ne pas y avoir de déchets du tout) et de faire croire que la société fonctionnera mieux si les ressources sont gérées et facturées. Le résultat de tout cela c'est, par exemple que les polices d'assurance les plus rentables sont les assurances obsèques ou que le coût d'une naissance peut devenir astronomique (aux États-Unis, une naissance avec de petites complications peut avoisiner les 100 000 dollars). Autre exemple, on est maintenant contraint de tarifer la préservation de l'eau.

La Nature fournit l'air, la nourriture, l'eau, les minéraux mais aussi la génétique, la médecine et la beauté. Elle régule le climat, le nettoyage et la minéralisation de l'eau, la conversion en oligoéléments. Elle limite l'érosion, préserve et regenère la fertilité des sols et maintient l'équilibre d'une population. Elle protège le cycle de la vie et la diversité génétique. Cette abondance

---

1. Pour plus d'information sur les *communs* et les services fournis aux écosystèmes, on consultera avec profit (en anglais) : www.teebweb.org/resources/ecosystem-services/

renforce la vie et nous permet de tout partager avec tous. C'est assez malheureux que depuis la révolution industrielle les communs soient si négligés, pire, ils sont pillés, surexploités et pollués. Ce qui est le plus grave, c'est que nous croyons avoir le droit de prendre tout ce que nous voulons sans jamais offrir aux communs de repos ou la chance de se refaire. Plus troublant encore, nous appliquons la même logique à la Nature : tout ce qui peut être transformé en activité avec un prix ou une marque est privatisé.

Des communs comme les sources aquifères sont exploités au-delà de leur capacité de régénération transformant l'eau – l'essence même de la vie – en produit embouteillé (de plastique) et expédié tout autour de la terre (en concurrence avec d'autres eaux). La génétique est proposée partout (avec de nombreuses inventions qui ne sont que la découverte de ce que la Nature a inventé il y a des millions d'années) dans le seul but de servir des intérêts commerciaux à la minorité qui peut se le permettre. Il est alarmant de voir comment les abeilles et les autres pollinisateurs sont affectés par l'utilisation non régulée de toxines nocives. Et lorsque des conséquences non prévues se font jour, cela devient des dommages collatéraux que l'on passe par pertes et profits. Quand est-ce que la population se rendra compte que sans ce service gratuit de pollinisation il n'y aura plus de fruits, de légumes, de vins ou de cacahuètes sur nos tables ? La pollinisation est devenue maintenant une fonction imparfaite, mais pourquoi ce que la Nature faisait gratuitement devrait nous coûter du temps et de l'argent ?

Le sol et le cycle continu de carbonement et de minéralisation de l'humus sont un autre des communs nécessaires à notre survie à long terme complètement négligé.

Nous avons la croyance aveugle que les manipulations génétiques, l'hydroponique et les ordinateurs vont créer assez de nourriture pour 9 milliards d'êtres humains. La dure réalité est que sans un sol riche en carbone (une terre noire) il n'y aura aucune agriculture possible pour les futures générations. Les sols, en tant que communs, sont maintenant exploités avec une logique simpliste qui dit qu'ils n'ont besoin que de nitrogène, de phosphore et de potassium pour être plus fertiles. C'est ignorer qu'un monde de micro-organismes, chacun avec un rôle bien spécifique, prospère dans l'humus (que l'on préfère appeler la couche superficielle de la terre) ! Le sol et la mer ne sont pas seulement surexploités par les techniques actuelles de culture et de pêches, les nutriments sont consommés sans être remplacés, ce qui entraîne acidification de l'air, du sol et de l'eau et au final détériore le climat.

C'est à l'encontre de ce cadre que l'économie bleue mesure si les différents projets évitent la contamination des communs et au contraire les renforcent afin de maintenir le don gracieux et abondant de la Nature. Le projet Dycle part de nos déchets (le contenu des changes-bébé) et d'inventions modernes (biopolymères, les changes-bébé) pour en faire de la biomasse avec l'aide de la Nature (champignons, bactéries, charbons) pour recréer des communautés solidaires !

### *2.4. Satisfaire d'abord les besoins de base (de tous)*

Les concepts d'un portefeuille d'opportunités et des communs étant clairement compris, nous devons définir des priorités claires. Souhaitons-nous soutenir une société où les citoyens ne sont considérés que

comme des consommateurs avec pouvoir d'achat ou imaginons-nous une société où la dignité humaine est respectée en veillant à ce que tous aient accès à la générosité offerte par la Nature et que les besoins de tous soient satisfaits ? L'économie bleue oriente d'abord l'innovation et l'esprit d'entreprendre vers des initiatives qui répondent aux besoins fondamentaux de tous ceux avec qui nous partageons la vie sur cette planète. En ce qui concerne l'eau, la nourriture, l'abri, l'emploi et les soins de santé, environ 25 % de la population mondiale n'est pas servie par l'économie mondialisée. Encore plus déconcertant est le fait que 50 % de la jeunesse mondiale en est exclu. Un seul jeune sur deux a l'espoir de gagner un salaire décent. Dans l'économie actuelle, nous courons le risque que la moitié des jeunes restent au chômage et donc partent chercher ailleurs des opportunités, provoquant de fortes vagues d'émigration.

Les innovations de l'économie bleue s'attachent à répondre aux besoins fondamentaux de tous. De nombreuses initiatives importantes existent déjà dans le but d'améliorer l'efficacité des ressources, de réduire l'impact du changement climatique, de réduire les niveaux de pollution ou d'éliminer les toxines. Ce qui distingue l'économie bleue, c'est que tous les projets conçus, pris en charge, mis en place ont une portée directe et traçable pour atteindre les exclus. Être circulaire n'est pas suffisant, car cela ne répond pas aux besoins fondamentaux de tous. Nous savons par expérience que l'application des systèmes de conception et d'utilisation de portefeuilles d'opportunités peut atteindre tout le monde et que tous peuvent en bénéficier.

La puissance de la conception des systèmes réside dans le fait qu'une initiative peut répondre à plusieurs besoins

en même temps. Lorsque nous nous sommes engagés dans la construction de logements résistants aux tremblements de terre dans les hauts plateaux andins, en utilisant des variétés endémiques de bambou (les immenses et épais guaduas et les fins chusques), nous avons répondu au besoin urgent d'abris. La création de 50 bâtiments préfabriqués par jour nécessitait la plantation de 2 000 hectares de bambou pour garantir l'approvisionnement en matériaux de construction. Au bout de trois ans, une fois que le bambou a atteint 25 mètres, il a été récolté régulièrement et la zone a commencé à produire de l'eau filtrée, car les effluents contaminés plus haut dans les hauts plateaux étaient purifiés. Une initiative a répondu aux besoins de logement, d'eau et d'emplois.

En étudiant la production de papier à partir de pierres concassées, un résidu de l'exploitation minière, notre objectif n'était pas seulement d'offrir une alternative locale avec une empreinte carbone bien inférieure à celle du papier fabriqué à partir de cellulose d'arbre. Comme la fabrication du papier de pierre ne nécessite pas d'arbres et très peu d'eau, cette initiative ôte de la pression sur les sources d'eau potable et libère des capacités terrestres. On peut maintenant utiliser des terrains pour restaurer les forêts indigènes ou pour étendre les terres agricoles pour la production de nourriture pour la population locale. À la suite de cette approche systémique, soutenue par la modélisation informatique, cette initiative a réussi à produire du papier compétitif en termes de prix et de qualité, tout en économisant 20 arbres et 60 tonnes d'eau par tonne produite, consommant 67 % d'énergie de moins. Maintenant que nous n'avons plus besoin d'arbres pour fabriquer du papier, les écosystèmes peuvent être libérés des monocultures de pin ou d'eucalyptus (véritables forêts vides

qui épuisent le sol, sans aucun moyen de reconstituer les nutriments pour les générations futures).

Alors même si le papier n'est pas considéré comme un besoin fondamental, son modèle de production actuel a un impact négatif sur la capacité de fournir de l'eau et des aliments aux populations locales. La fabrication de papier de pierre, d'autre part, améliore les conditions de vie car elle contribue à minimiser les effets néfastes du processus minier par l'élimination des zones de déchets (barrages ou terrils) générateurs de poussières et de pluies acides. Les derniers progrès améliorent le mélange de roche, de polymères synthétiques ou recyclés et d'air, ce qui ramène le poids moyen du papier de pierre à celui du papier cellulose. Le projet de papier de pierre n'est donc pas seulement une occasion de générer de la valeur à partir des flux de résidus. C'est aussi la possibilité d'améliorer l'approvisionnement en eau, de rendre les terres disponibles pour l'agriculture et d'améliorer les conditions sanitaires, tout en générant 1 000 emplois pour chaque 100 000 tonnes de roches converties.

### *2.5. Utiliser ce que l'on a*

La stratégie progressiste de l'économie bleue commence par un principe simple : n'utiliser que les ressources locales disponibles. Dès qu'un problème apparaît, le reflexe est de trouver une solution, des matériaux ou des produits où qu'ils se trouvent dans le monde. Bien que cela puisse être justifié dans une situation d'urgence comme un tsunami ou un ouragan, c'est la dernière option dans l'esprit de l'économie bleue. Les communautés qui ne sont pas en mesure de répondre à leurs besoins fondamentaux doivent

demeurer indépendantes de l'extérieur, car l'aide et les importations créent une dépendance et cela ne permettra jamais aux écosystèmes de progresser (au contraire). Ce n'est pas la seule raison : l'introduction rapide de solutions externes rend les communautés locales aveugles à la richesse qu'elles ont chez elles. Bien que beaucoup ne soient pas conscients des ressources qui sont à portée de main, c'est la découverte de ces opportunités qui contribuera à contourner les difficultés.

Les principes de l'économie bleue sont déterminés à libérer toutes les ressources locales, connues et inconnues. Cependant, comme nous l'avons appris au cours des années, ce n'est pas seulement la présence d'un minéral, d'une mer ou d'une montagne qui fait la différence, c'est l'occasion de reconnaître les interrelations dynamiques qui offrent en continu des matières premières, nutriments et énergie. Ce processus d'identification de ce qui est local et utile crée la confiance en soi pour renforcer la conviction que la communauté a la capacité de progresser. Si un nombre minimum de citoyens croient qu'ils peuvent avancer, la société progressera effectivement.

En outre, nous ne pouvons pas négliger le fait que, chaque fois qu'il y a une dépendance à l'égard des importations, il est nécessaire d'exporter. Les termes de l'échange sont clairs : soit vous empruntez de l'argent qui devra être remboursé, soit vous payez sur vos réserves d'argent. Bien que les économistes pensent que ce besoin de commerce est l'occasion de découvrir les forces de la communauté pour développer de nouvelles activités, cela implique que la plupart des communautés devront identifier « quelque chose » que les autres désirent, le considérer comme précieux et parier sur le fait que

personne d'autre dans le monde ne peut offrir la même chose au même prix (ou moins cher). Il n'est pas surprenant qu'il n'y ait que 10 nations dans le monde entier qui généreront des emplois grâce aux exportations au cours des deux prochaines décennies, ce à condition que des guerres commerciales ne se déclenchent pas.

Le problème avec une forte dépendance à l'égard des exportations est que la satisfaction des besoins locaux sera subordonnée aux besoins des partenaires étrangers. Alors quand nous adoptons les mécanismes du commerce international selon les principes de David Ricardo, le promoteur de la théorie des avantages comparatifs, il faut se rappeler que son principe de commerce part du principe que les deux partenaires gagnent. Malheureusement, le système de libre-échange actuel n'est plus basé sur des avantages comparatifs, mais sur des avantages concurrentiels où tous les avantages sont attribués à un partenaire commercial. Le passage des avantages comparatifs, qui permettent à chacun de gagner, aux avantages concurrentiels, qui permettent à peu de gagner tout, n'était certainement pas imaginé par Ricardo. C'est pourtant ce à quoi nous sommes soumis aujourd'hui.

C'est dans ce contexte que nous nous concentrons toujours sur les ressources disponibles localement. Même quand on nous dit qu'il n'y a rien, nous continuons de chercher et de... découvrir. C'est pourquoi un des exercices classiques pour l'obtention du diplôme de mes étudiants comprend la conception d'un camp de réfugiés où la nourriture, l'eau, les soins de santé et le logement doivent être fournis quotidiennement. Les étudiants râlent toujours, car tout le monde sait qu'il n'y a pas de ressources disponibles dans un tel camp. Or les résultats finaux ont toujours été impressionnants, car la découverte de flux de nutriments, de

matières et d'énergie est incroyable, et rapidement un processus se déroule avec les élèves qui identifient les opportunités et les interrelations entre tous pour créer au fil du temps un camp de réfugiés autosuffisant[1].

Une fois j'ai emmené mes étudiants en Namibie et nous avons passé du temps sur la côte entre Swakopmund et Heintiesbay. En parcourant 120 kilomètres difficiles nous avons observé la Nature : des salines, des phoques sur la côte, du varech lavé par le courant froid de Benguela et l'abondance des lichens dans la bande de terre sèche en bord de mer. Entre l'eau de l'océan froid et le désert le plus ancien de la terre (vieux de 70 millions d'années), les étudiants devaient imaginer des moyens pour produire de la nourriture. Le défi c'est de savoir que, même pour un œil inexpérimenté, nous pouvons toujours découvrir qu'il existe de nombreuses possibilités (évidentes ou pas).

### *2.6. Remplacer quelque chose par rien*

Le modèle actuel de production et de consommation offre une large gamme de produits et services qui ne sont pas vraiment nécessaires. L'utilisation de ressources pour des choses superflues détourne des ressources qui pourraient être mieux utilisées ailleurs. Ces produits et systèmes sont souvent la cause de modes de production et de consommation non durables. Lorsque nous observons comment la Nature traite de nombreux défis, les solutions sont simples et la chimie est bénigne. Cette vision offre une grande inspiration pour la conception de nouvelles technologies et la mise

1. Pour plus d'informations sur la gestion d'un camp de refugiés ou peut consulter (en anglais) : www.wind.ne.jp/mazmoto/zeri/training/rrc.htm

en place de nouveaux modèles commerciaux qui nous permettent d'aller au-delà de l'évidence. C'est pourquoi l'économie bleue réfléchit à la façon de remplacer plusieurs des artefacts considérés comme indispensables par des systèmes qui n'en auraient pas besoin. Bien que les ingénieurs traditionnels, les gestionnaires de la chaîne logistique et les concepteurs considèrent souvent qu'il est impossible de se lancer dans quelque chose de nouveau, notre expérience enseigne que c'est l'un des principaux processus de réflexion qui nous permet d'être innovants. Cette approche est perturbatrice et exige certainement souvent un nouveau type de règles.

Les dauphins pêchent sans filets, ils pêchent avec des rideaux d'air, ce qui est à la fois pratique et durable. Personne ne peut prétendre que ce n'est pas efficace car les dauphins ont réussi à se nourrir grâce à cette technique pendant probablement un million d'années. Les filets de pêche, en particulier les chaluts, vident les océans de tous les poissons et endommagent l'écosystème pour attraper des poissons que nous ne mangeons pas ou ne voulons pas. En plus de cela, une conséquence involontaire de cette technique de pêche est la destruction des fonds marins. Les humains ont pêché pendant 6 000 ans, mais avec des filets, des hameçons, des lances et récemment de la dynamite ou des acides. Ces formes de pêche ont entraîné une surpêche. La substitution des filets par des bulles d'air[1] est un nouveau concept qui inclut la sauvegarde des poissons femelles porteurs d'œufs afin de reconstituer les stocks de poissons. La logique qui en résulte est de concevoir

1. Voir aussi page 88 et pour en savoir plus sur cette technologie lire (en anglais) : www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_85_fishing_sailboat.pdf.

des bateaux de pêche qui attrapent des poissons grâce à des bulles d'air en remplaçant un filet par « rien ».

Les baleines sont les plus grandes génératrices naturelles d'électricité et elles ne dépendent pas des batteries. Les piles au lithium sont un des moteurs de l'exploitation minière. L'économie bleue veut assurer des systèmes d'alimentation autonomes, c'est-à-dire remplacer « une batterie » par « pas de batterie ». Le projet d'eau et d'énergie sur l'île d'El Hierro en Espagne a opté pour l'utilisation de volants d'inertie[1] au lieu de batteries. Ces volants d'inertie ont été une occasion unique de passer naturellement de l'énergie éolienne à l'énergie hydroélectrique, à moindre coût. Si nous essayons sérieusement de réduire notre impact, nous devons mettre la pression sur certains des principaux composants, ceux qui dépendent de l'exploitation minière, et les batteries en font certainement partie.

Les rivières pour se purifier sans filtres ni produits chimiques semblent plutôt s'appuyer principalement sur le vortex comme moyen d'oxygéner l'eau, de stimuler les bactéries ou au contraire purger l'excès d'oxygène pour favoriser une famille de bactéries différente. Le vortex est également capable d'évacuer du centre des lits des rivières les solides et les impuretés vers les rives. Ainsi, le mouvement naturel de l'eau dans un tourbillon permet d'éviter les produits floculants à base d'oxydes d'aluminium ou les agents bactéricides à base de chlore[2]. Ce ne sont que quelques exemples où

---

1. Pour découvrir comment les volants d'inertie peuvent stocker l'énergie lire (en anglais) : www.ukenergystorage.co/2014/assets/downloads/presentations/m-lafoz.pdf

2. Pour plus d'information sur les vortex (en anglais) : www.watreco.com/engelska.php

nous avons pu éliminer ce que le monde de l'ingénierie moderne considère comme la norme et la solution. La clé est la volonté de poser les questions et d'accepter les réponses de personnes qui ne sont pas des experts sur le terrain, mais qui sont maîtres dans l'art de la Nature.

L'élimination de « quelque chose par rien » est une logique puissante qui nous permet de simplifier un processus, d'éliminer des matériaux et des métaux, de réduire la dépendance à l'énergie et de lutter contre les agressions sociales et environnementales. C'est peut-être l'un des changements les plus fondamentaux de la logique traditionnelle qui vise à améliorer et « inventer mieux ». Ce n'est pas la remise en cause de nos prouesses passées, c'est plutôt la croyance que nous pouvons démarrer des idées nouvelles plutôt que d'essayer de réduire les dégâts. La clé c'est de se poser « *la question en ne pas* » : que puis-je réaliser si je *n'*utilise *pas* ce qui est traditionnellement utilisé ? L'élimination des filets de pêche, l'absence de batterie, la fin des produits chimiques ouvrent des pistes, aidés par la Nature nous pouvons aller encore plus loin.

### *2.7. Valoriser tout « tout a une valeur, chacun crée de la valeur »*

Le but n'est pas de tirer des plans sur la comète. Nous devons rester réalistes et pragmatiques. Un processus linéaire de production et de consommation, orienté autour de quelques priorités isolées, crée beaucoup de résidus. En nous limitant à une logistique mondiale, l'externalisation et des centres de distribution nous ne regardons que le produit principal, tout le reste devient secondaire. Il n'y a rien de mal à générer des

déchets, cela fait partie de tous les processus naturels. La clé est qu'ils ne doivent pas être gaspillés et tout ce qui est laissé de côté peut devenir l'ingrédient d'autre chose. Cette logique peut être étendue à tous les flux de matière, de nourriture et d'énergie. Lorsque l'économie bleue considère que tout a de la valeur, elle va au-delà du simple recyclage des résidus, il ne s'agit pas de recycler, il s'agit de donner de la valeur, que ce soient des mauvaises herbes ou même des choses oubliées. Si nous acceptons que tout a une valeur, mais pas forcément financière ni *monétisable*, nous modifions notre perception de nombreuses ressources.

Le modèle actuel de production rationalisée et de consommation standardisée crée de nombreuses redondances où même les ressources humaines sont considérées comme sans valeur. La foi (aveugle) dans l'automatisation et la culture d'entreprise, l'obnubilation par les gains de productivité et la capitalisation boursière conduisent à exclure des milliers de personnes d'un rôle actif dans la société. C'est dans ce contexte que l'économie bleue souhaite étendre le concept de « tout a une valeur et un prix d'achat » à « tout le monde crée de la valeur ». Chaque projet entrepris englobe la conversion de quelque chose et le rôle de quelqu'un dans une contribution à la société. L'avantage est que, dans la stratégie économie bleue, les déchets ou les mauvaises herbes ne peuvent pas avoir de valeur sans que les gens n'imaginent la valeur possible.

La création de la bioraffinerie par Matrica, la joint-venture entre ENI et Novamont en Sardaigne, est l'un des projets concrets qui a démontré qu'un chardon n'est pas un problème pour l'agriculture, et que ce n'est certainement pas une biomasse prolifique devant être éliminée par l'utilisation d'herbicides. La prise de conscience

croissante que tout ce que nous ne valorisons pas n'est pas appréciée parce que nous en ignorons le potentiel donne naissance au principe même de l'économie bleue : nous pouvons convertir tout ce qui nous entoure. Des ressources renouvelables ou des minéraux considérés comme des déchets qui contaminent l'air, l'eau et le sol peuvent en effet être utilisés et générer de la valeur. Cet aperçu permet de concevoir des modèles de production et de consommation qui ne sont pas seulement capables de répondre aux besoins de base, ces systèmes utilisent des ressources largement disponibles à faible coût ou que parfois nous payons pour nous en débarrasser. Cela génère des emplois qui permettent aux gens de faire partie de la société, de déployer leurs esprits créatifs tout en contribuant au meilleur de leurs capacités. Cela permet à chacun d'évoluer à son meilleur.

Les résidus ne se limitent pas seulement aux déchets biologiques, l'économie bleue doit également regarder les actifs bloqués[1]. Les investissements de capitaux dans les installations accumulées au fil des ans perdent leur valeur lorsque les marchés changent. Ces actifs comportent souvent des dettes dues à des temps « ignorants » (quand par exemple l'amiante ou les PCB étaient largement utilisés). Ces installations disparues sont trop souvent abandonnées (parfois suite à des faillites planifiées), laissant le nettoyage à la Société. Étant donné que ces entreprises, depuis les plus vieux sites pétrochimiques jusqu'aux décharges de mines, ont fait faillite, l'économie bleue recherche des moyens pour réutiliser ces installations. Ces nouvelles utilisations

1. Il s'agit d'une expression employée dans le domaine de la finance pour parler des investissements ou actifs qui perdent de leur valeur à cause de l'évolution du marché. *NdT*

vont au-delà du recyclage des métaux et de la ferraille ou de la transformation de paille en carburant, ce sont de nouvelles pistes pour offrir une nouvelle vie à un site industriel défunt et des emplois à des travailleurs qui ont été éjectés du système. Avec en plus la promesse qu'un nettoyage complet pour lever la menace sur la santé publique et environnementale, remettra une région sur le chemin positif du développement.

Novamont, leader européen des bioplastiques, a mis en avant cette logique en convertissant l'infrastructure de cinq anciennes usines pétrochimiques, y compris les vapocraqueurs de pétrole, en une plate-forme pour la création de valeur à partir de ressources facilement disponibles (chardons). Ces actifs bloqués, provisionnés dans les bilans, offrent maintenant à des travailleurs qualifiés la possibilité de produire des polymères, élastomères, lubrifiants et autres produits sur un site sain et sûr. Cette reconversion génère de la valeur à partir d'une biomasse locale renouvelable (considérée comme une mauvaise herbe) dont les résidus nourrissent des animaux qui, eux, fournissent du fumier qui devient l'engrais d'activités vivrières, le tout en participant de façon concurrentiel au marché de la chimie. L'équipe de Novamont a accepté un défi majeur à Porto Torres, en Sardaigne et ce n'est pas le seul. Novamont a transformé une série d'actifs bloqués en Italie, créant une nouvelle industrie biochimique désormais stratégique pour la réindustrialisation de l'économie européenne dans le cadre du Projet Juncker.

### *2.8. Être en bonne santé et heureux*

L'économie bleue démarre avec l'approche globale de permettre de répondre aux besoins de base avec ce

qui est localement disponible. Quand les projets du réseau répondent à la fois aux nécessités fondamentales de l'écosystème et aux demandes du tissu social alors on est capable de dépasser les seuils *mimina*. Démarrer avec l'économie bleue en ayant à l'esprit les besoins de l'humanité et de la Nature c'est aussi viser une société heureuse et en bonne santé. L'économie bleue ne cherche pas une évolution traditionnelle selon laquelle la fin de la pauvreté passe par l'augmentation de la consommation, c'est-à-dire plus de dépenses comme moteur de la croissance (même si c'est au prix de dettes qui seront transmises aux générations futures). Nous concevons des projets où l'argent circule au sein d'un territoire de telle sorte que la société développe plus de cohésion et de coopération sociale.

Parfois nous n'avons été qu'un modeste contributeur à certaines des réalisations décrites dans lesquelles le cercle vertueux, passant des besoins primaires à la santé et au bonheur, a été un succès. Mais nous avons tellement appris de Las Gaviotas en Colombie et du centre Songhai au Bénin. Ces deux cas démontrent que même dans des conditions extrêmes il est possible de créer des emplois, de fournir des produits et des services et même de concurrencer en prix et performance les leaders mondiaux et d'améliorer la santé et le bonheur. Il est fondamental dès le début de ne pas poursuivre un mode de développement traditionnel mais d'emprunter un chemin sans prétendre tout connaître et tout savoir pour au contraire accueillir l'autopoeïse pour l'ensemble des éléments. Sans exception, la santé et le bonheur, la résilience et le capital social émergeront naturellement, surtout pour ceux qui ont le souvenir des temps difficiles et de calamités passées. L'économie

bleue vise un équilibre entre la création de valeur pour une communauté locale et l'intégration à un niveau régional, national et mondial pour exploiter au mieux la cyclicité des marchés. Le but n'est pas de créer des économies locales dominées par une autocratie locale ni de viser la possibilité d'exporter massivement en profitant d'un avantage supérieur.

À Las Gaviotas, la colophane (le résidu solide obtenu de la résine des pins) est utilisée par des fabricants de peintures locaux en lieu et places des peintures importées de Chine ou du Venezuela. Le surplus en eau potable (filtrée naturellement) est revendu à la chaîne de restaurants Wok qui valorise les fournisseurs régionaux. Cette eau, une fraction infinitésimale de la production mondiale, est devenue un marché de niche qui serait sinon fournie par des géants comme Coca-Cola ou Nestlé ; c'est une source de revenus supplémentaires permettant à Las Gaviotas de rendre l'eau en bien commun. En plus, la térébenthine (l'autre sous-produit de la résine) est raffinée et utilisée comme carburant pour des moteurs à explosion, ce qui évite l'importation de pétrole. Des palmiers endémiques ont été plantés au milieu des pins ce qui rend possible maintenant aux habitants de cuisiner avec leur propre huile de palme. Cette substitution de deux importations à un moindre coût a libéré du cash pour la communauté locale qui va circuler plus rapidement et contribuer à plus de richesses et de bénéfices sociaux !

Le centre de Songhai produit et consomme suivant la même logique. Les fruits, légumes, viandes et poissons locaux permettent une exploitation locale. Mais ce n'est pas seulement la nourriture qui est locale, tous les équipements sont entretenus et améliorés sur place, les pièces de rechange ne sont pas commandées ailleurs

mais fabriquées dans un atelier sur place. La production d'œufs de cailles (nourries principalement avec les asticots produits sur place à partir des carcasses de l'abattoir local) est d'excellente qualité et exportée vers la France à un prix *premium*. Cela offre un stimulus supplémentaire à l'activité et a permis d'investir dans des solutions meilleures pour la communauté dans le domaine de la santé. L'économie bleue n'est pas contre la mondialisation mais à la recherche de meilleures solutions.

### 3. Vivre sur son territoire

Les principes ont d'abord insisté sur la nécessité d'une nouvelle mentalité, inspirée par la Nature. Ensuite, nous avons vu quelques principes qui veulent créer de nouvelles règles du jeu. Maintenant, nous allons aborder des concepts de gestion supplémentaires de l'économie bleue. Précisons d'emblée que nous ne sommes pas ni en faveur ni contre la mondialisation. Nous observons que la quête de croissance nous a aveuglé. Nous nous rendons compte que, à moins de faire beaucoup mieux, nous ne serons pas en mesure de répondre aux besoins fondamentaux, d'amener les personnes à se dépasser ou d'avoir une communauté résiliente préparée pour la cyclicité de la vie. Cela requiert une approche pragmatique qui couvre la façon dont nous percevons les opportunités économiques, comment nous gérons leur développement et comment nous en surveillons les performances.

Le modèle d'entreprise traditionnel repose sur des économies d'échelle : produire toujours plus du même, toujours à moindre coût, toujours passer par une chaîne logistique qui réduit toujours le nombre de fournisseurs,

toujours élimine les stocks et parie sur le juste-à-temps. L'effet net des économies d'échelle est que la part relative du travail et des matières premières dans la valeur totale d'un produit atteint souvent moins de 10 %. Cela signifie que le coût des matières premières et de la rémunération des travailleurs dans le secteur manufacturier ne représente qu'une fraction de la chaîne de valeur. L'automatisation aidée par une standardisation très avancée permet même la fabrication « sans ouvriers », la robotisation dans les entrepôts élimine même le besoin de personnel pour l'expédition, les drones et les voitures sans conducteur élimineront même les chauffeurs-livreurs. Dans le même temps, les matières premières sont gérées par un jeu complexe de positions à terme, d'options et de couvertures, dont les termes sont négociés par des programmeurs informatiques.

### *3.1. Miser sur les économies de perspectives*

Le but étrange du système de production en place est de se concentrer sur UN seul produit à FORT potentiel de ventes. Cette logique se focalise sur les parts de marché et la trésorerie plutôt que sur un éventail d'options, celles que l'économie bleue continue d'identifier problème par problème, ville par ville, région par région. L'économie bleue crée des poches d'activités qui utilisent les infrastructures existantes de diverses façons, augmentent la part du travail et tissent un cycle entre matières et énergie pour transformer le tissu social, économique et environnemental local en quelque chose qui fonctionne. Plutôt que de courir après les économies d'échelle nous recherchons des économies de perspectives à faire sur un territoire donné avec ce qui est localement disponible.

La fabrication du pain illustre bien comment les économies de perspectives fonctionnent plutôt que les économies d'échelle. Actuellement, une usine automatisée va préparer des millions de miches par jour avec une centaine de personne. La chaîne logistique se concentre sur des options à termes, des options de couverture, des livraisons « juste-à-temps » en provenance de pays fournisseurs jamais identiques, à travers des centres de logistiques différents. Pour y arriver il faut un système de trésorerie qui permet de gérer des options et des contrats, des outils financiers dans le cyberespace, des consultants en logistique et des contrôleurs de gestion dans chaque entrepôt. Le coût du travail et des matières premières est inférieur à 20 % du prix du pain payé par le client (c'est donc le consommateur qui finance le marketing, la distribution et les frais financiers). C'est typiquement les économies d'échelle appliquées à un morceau de pain qui mènent à terme à la concentration de la boulangerie dans les mains d'une minorité industrielle.

L'économie bleue applique la logique des économies de perspectives, à savoir : économiser à grande échelle en diversifiant. C'est à dire optimiser tout ce qui peut être fait localement avec des ressources locales. La capacité de nos modèles de boulangeries (ce ne sont plus des usines) va passer de millions par jour à quelques centaines. Cela commence tout de suite par une nouvelle sorte de fours. La zone de chalandise est d'un kilomètre plutôt qu'un mégapole entier. Les écoles locales, les hôpitaux ou les centres sociaux à distance de marche sont les marchés-cibles. Cela simplifie le packaging en évitant les sacs de plastiques et les boîtes en carton, mais aussi les agents conservateurs pour lutter contre la moisissure. Les entrepôts et les centres logistiques ne sont plus nécessaires et les camions ne viendront plus

grossir les embouteillages, car il n'y en pas plus besoin[1]. Les fours à pain fonctionnent avec un système solaire chauffant un bain d'huile caloporteur qui maintient la température pendant des jours. Les panneaux solaires fournissent aussi le chauffage et l'électricité permettant même aux clients de recharger leur téléphones portables (et éventuellement l'éclairage publique). Le pain n'est pas à base d'un pré-mélange mais contient des vitamines et des minéraux provenant de graines et de zestes de fruits récoltés et préparés localement. Plutôt que d'être riches en sucres ajoutés, les pains deviennent un aliment sain contribuant à l'apport quotidien en vitamines et oligoéléments. La valeur du travail et de matières premières atteint 50 % du prix du pain (qui est inchangé). Le coût d'investissement est amortissable en 2 ans. Ce four peut fonctionner dix-huit heures sur vingt-quatre, la capacité en excès pouvant être utilisée pour sécher des champignons, purifier de l'eau, cuire des pizzas ou même chauffer pendant l'hiver. Cet ensemble d'opportunités crée un sens pour la communauté où certains services sont payants et d'autres offerts. C'est un modèle compétitif basé sur les économies à petite échelle en diversifiant.

### *3.2. Générer de multiples débouchés à partir d'une initiative*

L'un des plus grands changements dans le passage du modèle d'affaires traditionnel à l'économie bleue est que les projets garantissent toujours que quoique nous lancions il y aura toujours de multiples flux de trésorerie et de multiples avantages. Tout comme les

---

1. Pour plus d'information sur ce pain (en anglais) : www.iadb.org/en/events/demand-solutions/2014/winner, 17912.html ? id = 43

écosystèmes qui ne visent jamais un seul avantage, les initiatives de l'économie bleue sont conçues pour générer des avantages financiers et non financiers. Une feuille sur un arbre n'est pas seulement là pour capturer l'énergie solaire, elle offre également de l'ombre et assure l'évapotranspiration, empêche la perte d'eau, transporte les nutriments, organise les échanges de gaz, protège l'arbre... Les modèles commerciaux de l'économie bleue imitent ces multiples actions, échanges et avantages dans le même territoire. Cela différencie fondamentalement l'économie bleue de l'approche commerciale traditionnelle où l'on se concentre sur une compétence de base pour garantir une position dominante.

L'économie bleue met en œuvre plusieurs activités afin que cette initiative ait toujours plusieurs flux de trésorerie possibles. Le résultat immédiat est que l'économie bleue augmente les flux de revenus dans le tissu économique local tout en réduisant les risques pour les entrepreneurs. Cependant, cela permet également de générer plus que des revenus. Étant donné que le but principal est de générer de la valeur en satisfaisant les besoins de base, il est logique d'atteindre plusieurs avantages, à la fois pécuniaires et sociétaux.

On a vu que cultiver des champignons sur des résidus de café donne en plus des champignons un substrat réutilisable, par exemple pour nourrir une basse-cour. Ainsi il y a de nombreux autres revenus :

1. la gestion des résidus,
2. la culture des champignons,
3. le troisième revenu est la production de nourriture supplémentaire, par exemple des œufs à un coût marginal,

4. parallèlement, le système réduit les émissions de carbone, car le café pourri produirait du méthane tandis que les champignons produiront du CO2. Cela baisse les coûts de production,

5. la cascade de production et de consommation locales réduit le besoin de transport,

6. lorsque, en outre, le travail est accompli par des orphelins, qui sont maintenant autosuffisants en nourriture, cela leur permet de résister aux agressions de la rue (et de leurs prédateurs)[1].

Il s'agit donc du déploiement de multiples avantages, au-delà des simples revenus financiers mais en garantissant également des rentrées d'argent.

Comme le montre le cas des champignons, tous les avantages ne doivent pas être exprimés en valeur monétaire. Nous parlons de multiples flux de revenus et de multiples bénéfices tels que :

7. le renforcement des communs,

8. la régénération de la biodiversité,

9. et l'amélioration de la résilience de la communauté.

Ce n'est pas un modèle d'entreprise où les résidus sont « pris en charge » de manière responsable, au point de ne pas finir en déchèterie et se conformer au principe du zéro émissions. Ce n'est pas non plus un modèle dans lequel une partie des bénéfices est réservée à la responsabilité sociale des entreprises (RSE) pour aider des communautés abîmées par des pratiques commerciales où les salaires payés ne permettent pas de s'offrir les marchandises produites. Cette économie bleue propose un modèle d'entreprise où l'impact social fait partie du modèle, les déchets et les mauvaises herbes, ainsi que les actifs bloqués font partie de la chaîne de

1. Voir les résultats obtenus (en anglais) : www.thefutureofhope.org

valeur, et non une réflexion annexe. Une activité peut assurer plus de revenus avec plus de bénéfices pour la communauté et l'écosystème.

### *3.3. Intégrer verticalement (les secteurs primaires et secondaires)*

Le modèle de gestion industrielle a adopté les principes de la gestion de la chaîne logistique, ce qui implique un contrôle absolu des matières premières (provenant du monde entier) tout au long de la livraison jusqu'au consommateur. Cela a été réalisé avec succès par la sous-traitance, en déléguant des responsabilités à un groupe restreint de fournisseurs et de sociétés de logistique. Cela a entraîné la création de marchés mondiaux pour chaque activité organisée horizontalement. Un marché mondial pour les minerais, les arbres plantés ou les récoltes de céréales, commercialisés dans le monde entier, avec des prix fixés à chaque étape sur un marché des commodités.

Les produits ou les minerais sont bruts, sans tenir compte de l'endroit où ils vont finalement atterrir. Une fois que les matières premières de base sont négociées et traitées, il existe un marché mondial secondaire pour les minéraux sous forme de métaux purifiés, de pâte à papier ou de farine pour le pain et les biscuits. Ensuite, il existe un marché pour les lingots d'or, les tôles d'acier, les rouleaux de papier ou le pain. Ensuite, les tôles sont pressées pour devenir des voitures, le papier devient des livres ou des emballages et les cookies deviennent une marque. Tous sont à nouveau échangés dans le monde entier. Nous échangeons tout, tout le temps, partout et créons une frénésie d'expédition qui est devenue l'un des secteurs les plus importants de l'économie mondiale

(avec en « prime » la consommation de carburants lourds et des embouteillages monstres).

La création d'au moins trois et souvent même quatre ou cinq marchés horizontaux implique que, à chaque niveau horizontal, des résidus sont générés, des biens sont négociés, des options sont créées et des taux de couverture sont introduits pour réduire les risques de change pour les multinationales. La logique de l'activité principale et du libre-échange domine. Il en résulte que, lorsque les particules de poussière d'or sont intégrées à des équipements médicaux ou électroniques, ou que des cahiers sont livrés dans les écoles, ou que des cookies sont achetés dans le supermarché, tous les ingrédients ont parcouru plusieurs fois le monde entier. Même si les implications en termes de coûts de transport et d'émissions de carbone sont absurdes, le modèle actuel ne voit aucun des dommages. On pense que l'amélioration de l'efficacité énergétique et que les fusions/acquisitions corrigeront les excès !

Il n'y a que quelques secteurs de l'économie qui ont réussi à maintenir une intégration verticale complète des secteurs primaire et secondaire. L'industrie pétrochimique est peut-être le meilleur exemple. Il n'est pas surprenant que ces industries soient les plus rentables. L'économie bleue propose un développement économique local du territoire, avec les ressources locales en premier et la réponse aux besoins sur le marché local d'abord. Cela implique que l'intégration verticale des niveaux primaires et secondaires, de l'agriculture, de la pêche, de la sylviculture, des mines, de la production de biens industriels dans le tissu économique local est une priorité absolue. Cette croissance économique locale élimine non seulement l'excès d'emballages et de transports qui étouffent nos décharges, nos cours

d'eau et nos autoroutes mais aussi retransmet la valeur ajoutée dans l'économie locale (plutôt que des activités non-productives comme par exemple le suremballage excessif de la nourriture).

En priorisant la croissance de l'économie locale et en renforçant les réseaux d'entreprises locales, c'est ainsi que Lung Meng peut produire du papier de pierre à faible coût, c'est ce qui explique l'avantage concurrentiel de Novamont sur le marché des biopolymères. Cette intégration verticale des roches et des mauvaises herbes au produit final sous la forme d'un cahier ou d'une capsule pour le café garantit que tous les coûts inutiles sont éliminés alors que de la véritable valeur est ajoutée par la conception, l'ajout de travail, la conversion des résidus et la circulation de l'argent sur le territoire. Cette approche déclenche un effet multiplicateur et garantit qu'il existe des boucles de « rétroalimentation » du capital social, écologique et monétaire qui renforcent les communautés locales.

Cette approche de l'intégration verticale peut atteindre toute la chaîne de valeur, à grande échelle industrielle comme le papier- pierre et les polymères à base de chardons l'ont démontré ; cela peut également s'appliquer à de petites unités de production. Saumil Shah de la société EnerGaia en Thaïlande l'a démontré avec des fermes de spiruline, tout au début de son exploitation commerciale, sur le toit du Novotel de Bangkok. Le marché mondial de la spiruline, avec de grands producteurs centralisés au Mexique et Hawaï, se déroule sur un marché de gros aux prix élevés. Cet additif hautement nutritif, riche en acides aminés essentiels et oligo-éléments, est habituellement séché avant d'être commercialisé. Les coûts du séchage, de l'emballage et du transport (souvent aérien) sont maintenant

remplacés par une intégration verticale de l'agriculture, de la production à la consommation[1]. La spiruline fraîche est transformée sur place en *smoothies* pour le petit-déjeuner des clients de l'hôtel. Le reste est mélangé avec des nouilles fraîches produites dans le restaurant, générant localement de multiples valeurs par rapport au modèle mondialisé axé sur le commerce. Il n'est pas difficile de calculer la différence de création de valeur locale lorsque 150 kilos d'additifs sont transformés en aliments sans séchage, emballage et transport. Le professeur Jorge Alberto Vieira Costa, responsable du département des biosciences de l'Université fédérale de Rio Grande do Sul au Brésil, a consacré vingt ans de recherches sur la façon dont ces bioraffineries de spiruline (et de cyanobactéries) peuvent engendrer des emplois, de la nourriture, du matériel pour les textiles et même du méthane et des biocarburants pour la production d'électricité.

### *3.4. Gérer sans business plan (ni feuilles de calcul Excel)*

Étant donné que l'économie bleue opte pour un changement radical et une transformation du modèle existant, les équipes d'un projet doivent veiller à ce que les initiatives facilitent l'action sur le terrain et que l'auto-apprentissage des équipes multidisciplinaires accélère la traduction d'une Idée en une Entreprise. Cela signifie que, si les équipes avaient à modéliser leur action en fonction de *business plans* traditionnels, d'une analyse de marché, d'un tableau de trésorerie, d'une analyse concurrentielle basée sur les forces et

1. Pour plus d'information voir (en anglais) : www.energaia.com

faiblesses structurelles et économiques afin de dégager les compétences clés d'un cœur de métier protégé par des brevets ou une marque, ils échoueraient. Cette gestion des innovations de l'économie bleue selon la logique des pratiques commerciales existantes (celles qui sont généralement enseignées dans les MBA) aboutirait à asphyxier les modèles proactifs et créatifs que nous adoptons pour orienter l'activité vers la durabilité et la réponse aux besoins des populations à partir des ressources disponibles localement tout en remettant la Nature sur la route de son évolution.

Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de planification ! Bien au contraire, puisque l'économie bleue s'inspire des modèles non linéaires qui prévalent dans la Nature, nous utilisons le modèle dynamique du système participatif comme outil de conception, de support et de mise en œuvre. La modélisation mathématique soutient ce concept de développement, elle nous permet d'accélérer et d'élargir les possibilités de mise en œuvre tout en déterminant les limites naturelles. Cette modélisation permet également de quantifier les boucles de « rétroalimentation » et les effets multiplicateurs, en facilitant une compréhension claire des synergies créées par cette approche cluster avec une intégration verticale.

Le professeur Jay Forrester du MIT a imaginé les prémices de cet outil informatique en 1964 en tant que modèle de développement urbain. Inspiré par la description des problèmes mondiaux qui lui avaient été présentés par Aurelio Peccei, ancien haut dirigeant de FIAT et Olivetti, il a ensuite été ajusté pour décrire un modèle mondial (qui a servi de base au rapport du Club de Rome *Halte à la croissance*). Une version simplifiée de ce modèle est maintenant largement disponible permettant son utilisation, même par des

débutants en mathématiques, afin de comprendre et d'exploiter la dynamique de l'économie bleue. Les mathématiques et la modélisation sont le cœur et l'âme des projets que l'économie bleue met en œuvre. Nous pourrions considérer cela comme la revanche sur l'obsession moderne pour les *business plans* et autres *strategic plans*.

Pour apprendre à saisir l'essence de la « modélisation de la dynamique des systèmes participatifs », chacun peut se référer au cours en ligne du MIT (voir la note page 293). Dans l'économie bleue, nous ne souhaitons pas simplement que les gens commentent le résultat final, nous voulons nous assurer que le plus de participants différents proposent des idées sur la structure et le comportement du système qu'ils conçoivent et dont ils feront partie. La participation et la collaboration sont un moyen efficace de partager et d'accroître les connaissances, d'améliorer la formulation d'une vision commune et de renforcer la persévérance requise pour mettre en œuvre ces innovations. Cette collaboration permet de résoudre plus facilement les aspects techniques de ces propositions et souligne la manière dont les projets peuvent être adaptés au territoire pour assurer la mise en œuvre. Cette approche multidisciplinaire contribue à créer l'interdépendance qui favorise une compréhension partagée des problèmes et une lutte commune pour optimiser les résultats de toutes les perspectives. Cela crée un consensus grâce à un échange dynamique entre les systèmes sociaux et écologiques, en intégrant l'intérêt des parties prenantes à l'analyse scientifique, en favorisant des relations adaptées à l'évolution de l'information et à l'évolution des conditions.

Le plan de développement économique pour l'Argentine a proposé 10 initiatives ; celui pour la région de Quimper, en Bretagne, fait état de 62 propositions, y compris la reprise de l'agriculture sur l'île de Sein ; la ville de Nantes et le département de la Vendée ont attiré plus de 200 entrepreneurs en moins d'un an pour concrétiser une dizaine d'initiatives ; une étude menée à La Réunion a permis aux investisseurs locaux de réinvestir dans huits nouveaux domaines d'activités ; Madagascar souhaite se concentrer sur la redéfinition du cluster café-cacao ; le Maroc repense les phosphates en provenance des mines et songe à les remplacer par la culture des algues qui garantit des engrais et des gazs naturels ; la province de Limbourg, en Belgique, souhaite remplacer la fermeture des usines de Ford ; Fiji, dans le Pacifique, tente de substituter le sucre par la bagasse, plus riche en nutriments ; la région Lea Artibae, au Pays basque met en place de nouvelles industries, L'île El Hierro, en Espagne, a investi dans huit nouveaux champs d'activité économique... Alors que chacun des programmes dans chaque région, ville ou pays aurait pu être considéré comme un projet autonome avec ses propres mérites, ils ont été regroupés dans des ensembles, qui ont été combinés en un modèle participatif et dynamique, où les personnes sur le terrain comprenaient les opportunités et contribuaient à la définition des équations pour chacune des innovations. Il évident que le passage d'une idée vers sa réalisation dépend des acteurs impliqués, mais il a y toujours des semences qui poussent, des fables qui se transmettent. Il est nécessaire que nous soyons impatients de mettre en marche ce processus et de parvenir, enfin, à des résultats.

Cela a offert une boîte à outils pour que les pays, les villes ou les régions déterminent les priorités et quantifient l'impact ainsi que les ressources nécessaires pour accélérer les transformations radicales en fonction des priorités déterminées par tous ceux qui souhaitent voir des résultats pour les habitants sans emploi.

### *3.5. Décider à partir des états financiers*

Puisque le design repose sur une multitude d'informations de plusieurs ensembles interconnectés, des sous-ensembles présentés graphiquement apparaissent plus clairement avec des modèles dynamiques qui intègrent des boucles de « rétroalimentation » et des multiplicateurs. La mise en œuvre réussie et le soutien sans failles (souvent à l'encontre de tous) nécessitent une dernière étape : tout ce qui se passe et se déroulera sera reconfirmé par l'évolution du compte de résultat et du bilan. Ce n'est pas parce que nous donnons la priorité aux modèles dynamiques non-linéaires que nous ne pouvons pas traduire nos programmes, ni que nous ne pouvons suivre les progrès annuels et même trimestriels sans les outils comptables traditionnels. L'économie bleue c'est le lien entre le large éventail d'opportunités et la définition stricte de la façon dont ces initiatives et propositions peuvent avoir un impact positif que l'on doit mesurer en matière de santé et de performances d'une entreprise.

Les projets de l'économie bleue parcourent le labyrinthe de la finance et génèrent des résultats surprenants, également exprimables en termes comptables. Quelques exemples clarifieront cette approche. La conception du modèle d'entreprise permet parfois de capitaliser les coûts, comme c'est le cas avec le papier

de pierre. Ce type de papier est recyclable pour toujours, contrairement au papier à base de bois qui ne peut être recyclé que quatre ou cinq fois avant que les fibres ne soient trop courtes pour être réutilisées. Par conséquent, le coût du papier dans les livres qui seront recyclés peut être considéré comme une consigne, au même titre que les embouteilleurs inscrivent l'aluminium des boîtes à l'actif du bilan, en calculant une valeur de dépôt. La presse pourrait offrir une réduction sur le prix de l'abonnement si les anciens magazines étaient retournés, créant une boucle fermée pour le papier de pierre à faible coût de récupération en coopération avec des clients s'engageant à recycler le papier. La réduction du coût de l'abonnement augmentera la circulation, améliorera les tarifs publicitaires et mettra plus de papier de pierre dans les bilans.

Des actifs négatifs et bloqués, couverts par des provisions, peuvent être convertis en placements et même en éléments générant des liquidités. L'enlèvement des résidus provenant des décharges de déchets miniers, pour lesquels des dispositions ont été prises et des coûts continus sont à la charge de la société minière, peuvent maintenant être transformés en matières premières pour le papier, ce qui permet d'éliminer les déchets avec un flux positif de trésorerie. Au fil des ans, cet actif négatif fournira un apport de trésorerie, permettant de réévaluer les stockages de résidus d'un montant négatif de 25 euros par tonne à une valeur positive de 200 euros par tonne. Étant donné que les sociétés minières ont des millions de tonnes, cela pourrait devenir un gain en capital majeur ! La clé du processus est que les entreprises qui se sont endettées peuvent maintenant renforcer leur bilan, non par le nettoyage d'actifs, des ventes à prix cassés, des fermetures ou des désinvestissements,

mais en mettant une valeur réelle sur ce qui dans le modèle commercial traditionnel et aux yeux de leurs comptables n'avait aucune valeur.

Les actifs bloqués pourraient également avoir un nouveau destin, même entièrement dépréciés. Comme nous le savons, un ancien site industriel nécessite un nettoyage massif. C'est cher. Si ces sites disposant d'une infrastructure bien entretenue pouvaient être nettoyés au cours des années grâce à de nouvelles activités générant des flux de trésorerie, comme dans le cas de la raffinerie pétrochimique en Sardaigne, ce serait l'occasion de créer un gain en capital majeur au cours des prochaines décennies, éliminant la nécessité d'une provision complète le jour de l'annonce de la clôture. Ces opportunités qui peuvent être quantifiées au cas par cas grâce aux outils de base de la comptabilité augmentent en même temps le pouvoir d'achat de la population locale, ce qui accélère la circulation de l'argent sur le territoire tout en remettant la Nature sur son chemin évolutif.

Cette logique s'applique également à la gestion des déchets. Pour un important producteur de café instantané ayant à bruler les millions de tonnes de biomasse de café issues de l'extraction de l'infime partie soluble, un investissement de X permettant des économies d'énergie de Y par rapport au prix de marché de l'énergie est rentable en huit à dix ans. C'est un investissement vert qui doit en effet être applaudi. Mais si la même entreprise pouvait convertir 100 000 tonnes de café (déjà traitées dans des conditions d'hygiène les meilleures) en 100 000 tonnes de champignons, cela ferait plus que doubler les profits générés par le café. Le reste représente 50 000 tonnes supplémentaires de nourriture pour volailles, c'est-à-dire la sécurité

alimentaire pour des milliers de personnes. La création d'emploi est de l'ordre de dix à vingt mille pour chaque 100 000 tonnes. Le même investissement de X pour brûler les résidus pourrait être utilisé pour générer des aliments (pas pour payer moins cher l'électricité). Bien que les actionnaires s'opposent à entrer dans l'industrie des aliments à base de champignons et des aliments pour animaux, ils ne s'opposeraient sans doute pas à une augmentation du profit ou du retour sur investissement (surtout si cela améliore les conditions des communautés où se trouvent les usines).

Les résultats sont souvent au-delà des attentes. Le cas de Las Gaviotas démontre que cette approche intégrée conduit à un autre succès comptable : l'augmentation de la biodiversité. La savane d'origine de la Vichada de Colombie ne comptait que 17 espèces de plantes, 11 non-indigènes. Le dernier inventaire a recensé la présence de 256 espèces de plantes et le retour de dizaines d'espèces animales qui étaient considérées comme éteintes dans la région. Ensuite, il y a des statistiques sur la santé avec la quasi disparition des maladies gastro-intestinales. L'introduction de l'eau potable gratuite pour la population locale et les vélos comme moyen de transport privilégié rendent les communautés locales en si bonne santé que l'hôpital local a dû fermer faute de patients. Dans le même temps, le terrain qui avait été acquis pour presque rien dans un programme foncier est maintenant évalué – selon une équipe d'experts de JP Morgan – à plus de 1 000 fois la mise de départ. Cela place la communauté locale parmi les membres de la classe moyenne.

### *3.6. Mettre l'éthique au centre*

L'économie bleue propose son modèle d'entreprise sans concessions avec une vision claire et des principes transparents. Pour certains notre approche est révolutionnaire, mais nous, nous considérons cela comme l'une des façons d'augmenter les chances de réussir une transformation radicale, répondant aux besoins urgents de nos tissus sociaux et environnementaux. La philosophie, les concepts, la méthodologie et les outils décrits ici ne sont pas des axiomes ou des lois, mais émergent de notre observation des initiatives qui ont été mises en œuvre avec succès. Nous avons appris nos leçons à partir d'initiatives qui n'ont pas encore réussi ou sont en retard parce que nous devons apprendre à mieux exécuter. Ces réflexions sur la façon dont nous exploitons la traduction d'une vision en réalité nous offrent la logique de pourquoi et comment nous avons progressé comme nous l'avons fait et vont servir d'inspiration à d'autres.

Nous avons la chance de bénéficier des contributions continues de milliers de scientifiques, aussi lorsque l'un d'eux confirme les nouvelles idées et que nous découvrons les nouvelles occasions d'améliorer les systèmes, nous sommes prêts à nous adapter et à nous transformer à nouveau. Nous avons un chemin clair vers l'avant et rien ne nous détourne. Nous souhaiterons seulement améliorer, accélérer et diffuser les options que nous découvrons. Notre approche n'est pas dogmatique : « ***nous atteignons, nous n'enseignons pas*** », « ***nous exposons, nous n'imposons pas*** ». Cette stratégie d'exposition permanente des débouchés à tous, ainsi que la mise en œuvre réussie et les améliorations

continues, créent des conditions qui mettent l'éthique au cœur.

L'économie bleue ne veut pas faire moins mal. Voler moins c'est toujours voler ; polluer moins c'est encore polluer. Les discussions sur la minimisation de l'impact négatif sur l'environnement ne sont pas suffisantes. Nous ne pouvons pas féliciter ceux qui réduisent la pollution, nous ne pouvons pas non plus accepter que les acteurs du marché refusent sciemment de faire « bien ». Concrètement, l'éthique au centre signifie que nous ne tolérerons pas les « batteries plus efficaces », nous continuerons à chercher à ne pas avoir de piles métalliques, car les batteries dépendent de l'exploitation minière et qu'une augmentation de la demande en piles entraînera un accroissement de l'exploitation des mines et par conséquent imposera plus de cicatrices à la planète. Cela ne signifie pas que nous sommes contre le stockage de l'énergie et de la puissance, mais que nous cherchons des méthodes qui libèrent le monde d'une exploitation accrue des ressources minières.

L'éthique au centre implique également que nous partageons nos modèles commerciaux en *open source.* Étant donné que nous bénéficions de la contribution gratuite de milliers de personnes sur la conception des nouvelles façons de répondre aux besoins de base, nous ne voulons ni ne pouvons l'utiliser pour notre profit personnel. Les solutions simplifiées et standardisées telles que les franchises, où tout est décidé de façon centralisée, ou l'enregistrement des brevets par ceux qui ont été privilégiés par l'exposition à des informations révolutionnaires sont des démonstrations selon lesquelles les opérateurs n'ont pas d'éthique. Si notre objectif est d'avoir une accélération rapide et profonde de transformations novatrices, la politique *open source*

doit être poursuivie de manière créative sans utiliser les chaînes traditionnelles qui restreignent l'accès. Après tout, la clé n'est pas les technologies elles-mêmes, mais de partager les modèles conçus par les réseaux de l'économie bleue, toujours prêts à s'adapter partout et tout le temps.

Au cours des vingt-cinq dernières années, nous avons assisté plus d'une fois à l'exploitation de notre travail pour un usage personnel ou pour satisfaire un ego. La plupart du temps, nous la controns de manière bienveillante, démontrant que c'est contre-productif. Une seule fois, nous avons été forcés de réagir de façon plus sévère, en Allemagne. Nous devons redoubler nos efforts pour encourager plus d'éthique, en respectant les initiateurs des idées et des technologies.

Privilégier l'éthique implique finalement de ne pas nous satisfaire de ce qui est fait ici et aujourd'hui, sur la base de la sagesse que nous avons accumulée. Nous avons la responsabilité d'inspirer les enfants et d'accepter que tous nos diplômes aient une date d'expiration. Les enfants ont le pouvoir de considérer l'irréel comme une réalité. Les enfants pensent que tout est réalité. Les adultes, à la maison ou au bureau, essaient continuellement de supprimer toutes les idées trop créatives, classant quelque chose de nouveau comme quelque chose d'impossible. D'autres étiquettent une nouvelle proposition comme une vision possible, mais qui ne se matérialisera jamais à court terme. Bien sûr, il y a une réalité, fidèlement justifiée par les *business plans* et les investissements. L'éthique au centre de l'économie bleue permet de réveiller l'enfant qui est en nous, de voir ce qui semble un fantasme, mais peut rapidement devenir une réalité. C'est pourquoi environ la moitié de mon temps en tant que fondateur de l'économie

bleue est de traduire les projets réussis et scientifiquement démontrés en fables et de prendre le temps de les partager personnellement avec des enfants partout dans le monde.

Le véritable pouvoir de l'éthique est de décider d'un chemin même si nous ne savons pas exactement où il mène. Nous y mettons le meilleur de nous-même et savons que les résultats seront inimaginables, en fait certainement meilleurs que ce que nous pourrions imaginer.

## En conclusion

Ces trois éléments constitutifs de nos principes directeurs de l'économie bleue pourraient rapidement être organisés en une autre axiomatique. Au fur et à mesure que notre expérience évoluera, nous sommes prêts à prioriser et à modifier les principes que nous nous testons en permanence. L'économie bleue se distingue intrinsèquement, par l'expérience du terrain, de ceux qui ont quelques axiomes dogmatiques, protégés par des droits d'auteur et des marques déposées, toujours armés de juristes. L'économie bleue ne prétend pas avoir toute la clarté une fois pour toutes, ni qu'il n'est facile de mettre en place des solutions aussitôt la racine de leur mal identifée. Plutôt, les équipes acceptent le changement comme la seule constante dans la vie, en reconnaissant que nous sommes arrivés tard sur Terre et devons être prêts à désapprendre ce que nous connaissons et à avoir la curiosité de comprendre ce que nous ne connaissons pas.

# *Remerciements*

La tentative de saisir de nouvelles perspectives pour concevoir des modèles économiques créatifs, innovants et porteurs de croissance est avant tout un exercice solitaire. Même si ce livre a été écrit par une seule personne, son inspiration, son énergie et les nombreux soutiens dont il a bénéficié doivent beaucoup à un réseau hétéroclite allant de vieux amis à ma famille, en passant par de nouvelles rencontres. La chance que j'ai de pouvoir parcourir le monde et de rencontrer des pionniers m'offre une plateforme de dialogues qu'aucune *webconférence* ne permettra jamais. J'ai eu le privilège de me rendre en Chine pour la première fois en 1980. Depuis j'y suis retourné si souvent que j'ai en perdu le compte. Les rencontres avec le docteur Li Wenhua de l'Académie Chinoise des Sciences (un des fondateurs de l'Asian Pacific Regional Training Center for Integrated Fish Farming[1]) et avec le professeur Chang Shuting (l'homme qui est derrière la science de la culture de champignons en Chine) ne sont que quelques-unes des centaines de sources d'inspiration dont j'ai pu bénéficier.

1. Centre Régional de Formation en Asie Pacifique pour une Pisciculture Intégrée.

Le soutien intellectuel de mes complices et membres du Club de Rome : Ashok Khosla, Anders Wijkman et Heitor Gurgulino de Souza, a été le cadre de débats passionnés. Dès le début, ils m'ont apporté un soutien généreux pour identifier les vraies avancées au-delà des « piles vertes » ou du plastique à base de maïs. Jorge Reynolds, que j'ai le privilège de suivre depuis plus d'un quart de siècle m'a fait voir, de mes propres yeux, comment une simple compréhension du fonctionnement du cœur des baleines peut impacter la société bien au-delà de la cardiologie. Ses inventions sont autant de regards neufs sur la façon dont les progrès en matière de santé peuvent révolutionner la santé de la planète entière et créer une industrie rentable en même temps. Reynolds fait partie de ce petit groupe d'individus ayant assisté à l'avènement du rêve de Paolo Lugari à Las Gaviotas, à savoir remédier aux dommages causés à la terre depuis des années et des années. Les innumérables pages d'informations techniques sur ce que la Nature et les écosystèmes accomplissent, compilés sans relâche, prirent vie quand des scientifiques tels Joanna Aizenberg, Andrew Parker, Peter Steinberg ou Jorge Alberto Vieira Costa employèrent passion et compétence à tout décrire avec clarté. Ces efforts, complétés par le pragmatisme entrepreneurial de Curt Hallberg, Emile Ishida, Fritz Vollrath ou Catia Bastioli, fournirent vraiment de la substance à toutes les idées qui sont au cœur de ce livre.

Quand plus tard j'ai pu contempler l'œuvre d'intégrateurs comme Paolo Lugari, le Père Godfrey Nzamujo, John Todd ou Anders Nyquist, j'ai pu réaliser l'incroyable pouvoir issue de la combinaison de ces technologies avec des systèmes économiques rentables, fondamentalement naturels, relativement complexes

mais pas sophistiqués. Je sais que leur énergie m'a mis sur la piste de quelque chose de vraiment valable. Sans la générosité et le temps de centaines de chercheurs et d'entrepreneurs je n'aurai jamais réussi à pouvoir décrire comment adapter la logique des écosystèmes peut donner des conditions de vie durables et disponibles à tous.

Puis il y a cette force à persévérer dans mes efforts malgré les écueils. Quand certains de mes associés du moment abandonnèrent des objectifs supérieurs pour préférer le contrôle de brevets à leur seul usage, ce fut le leadership éthique de mon mentor, Elie Wiesel, qui m'aida à ne pas perdre de vue le bien commun. Cela m'a aussi permis d'abandonner la vision un peu romantique du génie d'une seule espèce pour me recentrer sur la puissance véritable d'un écosystème complet.

Dans ce monde mouvant, ma femme Katherina m'a été la plus précieuse des aides. Son soutien inconditionnel m'a aidé à réaliser l'importance qu'il y avait à éliminer les calculs superficiels d'un *business plan* idéal pour préférer la vision d'une solution systémique créant des emplois, foncièrement compétitive et bénéfique pour l'ensemble de la population mondiale.

Plusieurs organisations tout autour de la planète m'ont invité pour partager des intuitions, entamer des dialogues, sérier des propositions ou *prioritiser* des cas. *Bioneers at the Bay* dans le Massachusetts (organisé par le Marion Institute), le conseil de gouvernance du Programme des Nations Unies pour l'Environnement à Nairobi au Kenya, la COP sur la Biodiversité à Bonn en Allemagne, l'*Industry Leaders Summit* de New Dehli en Inde, l'association des banquiers et fermiers à Stellenbosch en Afrique du Sud, le Panel d'Experts « *Solutions for Climate Change* » d'Al Gore à New York, la

réunion GLOBE lors du G8 de Tokyo, la conférence LIFT à Marseille, le congrès annuel des ingénieurs (ANPEI) au Brésil, le *CEO Summit* lors du sommet APEC de Singapour, l'assemblée générale de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel à Vienne en Autriche ou le meeting annuel du Club de Rome en 2009 à Amsterdam comptent parmi les échanges incroyables qui ont enrichis mes intuitions.

Mais la plus grande inspiration est venue de l'ensemble des projets tout autour du globe. Je n'aurais pu imaginer qu'en une si courte période de temps, près de 200 projets financés à hauteur de 5 millions d'euros puissent avoir créé plus de 3 millions d'emplois !

Il n'y a aucun doute dans mon esprit que les faits bruts et les résultats atteints par ces innovations, devenues des *business*, concurrencent ou plutôt battent les modèles actuels dans tous les paramètres. Mieux encore, cela permet une croissance inclusive répondant aux besoins de tous sur terre (pas seulement les humains mais aussi les 100 millions d'autres espèces vivantes qui font cette magnifique biodiversité et dont nous ne voyons plus l'importance).

En 1979 Aurelio Peccei, le fondateur du Club de Rome[1] et un autre de mes mentors, m'a invité à assister à la Réunion Annuelle du Club à Salzbourg en Autriche. 30 années plus tard, les membres du Club de Rome ont estimé que la première édition de ce livre pouvait être nommé « Rapport au Club de Rome », à

---

1. Le Club de Rome est un groupe de réflexion réunissant des scientifiques, des économistes, des fonctionnaires nationaux et internationaux, ainsi que des industriels de 52 pays, préoccupés des problèmes complexes auxquels doivent faire face toutes les Sociétés, tant industrialisées qu'en développement.

la suite d'ouvrages fondamentaux tels que *Halte à la croissance* et *Factor Four*. Ce fut un honneur insigne. C'est donc avec une profonde gratitude que j'essaye de répondre aux attentes. Mon plus grand désir est de contribuer à la vision et à la réalisation d'une société durable articulée autour des principes des pères fondateurs du Club de Rome. Cette nouvelle édition, mise à jour et augmentée, démontre, je l'espère, combien nous avons pu aller loin, bien au-delà de mes propres rêves.

Il y a eu tant de personnes qui ont permis à ce livre d'exister mais l'inspiration principale fut sans doute mes enfants, m'ouvrant les yeux, m'aidant à penser au futur de manière positive, me rappelant l'obligation fondamentale qu'ont les parents de créer un environnement permettant un futur meilleur. Dans les chapitres de ce livre on verra ce qu'il est possible de faire. C'est cela qui donne de l'espoir.

*Composition et mise en pages*
*Nord Compo à Villeneuve-d'Ascq*

Achevé d'imprimer en mai 2019
par Normandie Roto Impression s.a.s.
61250 Lonrai
N° d'impression : 1901903






**Le livre phare de Gunter Pauli, créateur du concept d'« économie bleue », qui s'inspire des écosystèmes naturels pour résoudre les crises économique, sociale et écologique.**

Pour l'entrepreneur Gunter Pauli, il est possible de révolutionner notre consommation et nos moyens de production tout en protégeant la nature. Son *business model*? La nature elle-même! Observer les phénomènes naturels, en comprendre le fonctionnement et les imiter afin d'apprendre à mieux cultiver et consommer ce que notre planète produit déjà sont en effet la clé de notre futur.

Et cela fonctionne! Créateur du concept novateur d'« économie bleue », Gunter Pauli donne ici des centaines d'exemples d'initiatives qui créent sans déchets, génèrent des emplois, et vont au-delà de la préservation ou de la conservation, car l'économie bleue ne recycle pas, elle régénère.

Créateur de nombreuses entreprises et fondations, dont le réseau des fondations et ONG de Zeri (Recherche et initiatives pour zéro pollution), Gunter Pauli est l'auteur d'une vingtaine d'ouvrages, dont, aux Éditions de l'Observatoire, *Soyons aussi intelligents que la Nature !* et *Li-Fi : la communication à la vitesse de la lumière*.

**Nouvelle traduction revue et augmentée du best-seller déjà traduit en 41 langues et vendu à plus de 1 million d'exemplaires**

ISBN : 979-10-329-0612-5




24 € TTC FRANCE

Couverture : © Getty-images/ThomasVogel
Maquette : Un chat au plafond